



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0019552
(43) 공개일자 2022년02월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 3/42 (2006.01) G01B 11/04 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 3/42 (2013.01)
G01B 11/043 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0100111
(22) 출원일자 2020년08월10일
심사청구일자 2020년08월10일

(71) 출원인
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(72) 발명자
이형일
경기도 고양시 일산서구 대산로212번길 26, 1502동 304호(대화동, 성저마을15단지건영빌라)
황예원
서울특별시 마포구 신수로 15, 101동 1302호(현석동, 강변힐스테이트)
(74) 대리인
특허법인 천지

전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 압흔을 이용한 물성 획득방법 및 물성 획득 시스템

(57) 요약

압흔에서 수직거리값을 연산하는 기초값연산단계;

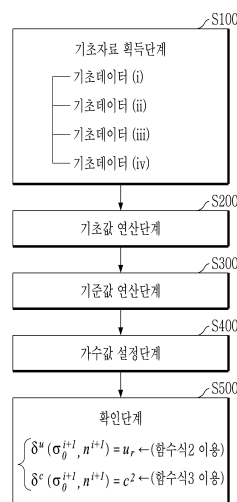
기획득된 수직거리값과 수평변위장값 사이의 관계를 이용하여, 기설정된 수평거리값에서 상기 압흔에서 연산된 수직거리값에 대응되는 수평변위장값인 기준수평변위장값을 연산하는 기준값연산단계;

임의의 물성의 가수값을 설정하는 가수값설정단계; 및

기획득된 물성별 수평거리값에 따른 수평변위장값 사이의 관계를 이용하여 기설정된 수평거리값에서 획득되는 수평변위장값을 상기 기준수평변위장값과 비교하여 오차범위 내인지 확인하여 상기 가수값으로 설정한 물성인지 확인하는 확인단계

를 포함하는 압흔을 이용한 물성 획득방법이 개시된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01N 2203/0078 (2013.01)

(72) 발명자

김낙수

경기도 고양시 일산동구 노루목로 79, 406동 1401호(장항동, 호수마을4단지아파트)

마리무뚜 카루파싸미 판디안

서울시 마포구 승문4안길 5, B01호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711118775
과제번호	202031076
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인연구사업
연구과제명	기계학습 기반 회귀모델에 의한 비정질금속의 재료변수 결정
기 여 율	1/1
과제수행기관명	서강대학교
연구기간	2020.06.01 ~ 2021.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

압흔에서 수직거리값을 연산하는 기초값연산단계;

기획득된 수직거리값과 기준수평변위장값 사이의 관계를 이용하여, 기설정된 수평거리값에서 상기 압흔에서 연산된 수직거리값에 대응되는 수평변위장값인 기준수평변위장값을 연산하는 기준값연산단계;

임의의 물성의 가수값을 설정하는 가수값설정단계; 및

기획득된 물성별 수평거리값에 따른 수평변위장값 사이의 관계를 이용하여 기설정된 수평거리값에서 획득되는 수평변위장값을 상기 기준수평변위장값과 비교하여 오차범위 내인지 확인하여 상기 가수값으로 설정한 물성인지 확인하는 확인단계

를 포함하는 압흔을 이용한 물성 획득방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 기준값연산단계는

상기 기준수평변위장값과,

기획득된 마찰계수별 수평거리값에 따른 수평변위장값 사이의 관계를 이용하여 상기 기준수평변위장값에 대응되는 수평거리값인 기준수평거리값을 연산하고,

상기 기설정된 수평거리값은

기준수평거리값보다 작지 않은 범위 내에서 설정되는 것

을 특징으로 하는 압흔을 이용한 물성 획득방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 기초값연산단계에서는

상기 대상체의 소성 변형에 따라 측정되는 최대수직거리값을 연산하고,

상기 기준값연산단계에서는

상기 최대수직거리값을 상기 수직거리값으로 나눈 수직압흔변수값을 연산하는 것

을 특징으로 하는 압흔을 이용한 물성 획득방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 가수값설정단계에서

상기 가수값은 임의로 설정된 변형경화지수값과 임의의 항복강도값을 포함하며

상기 확인단계에서는

상기한 항복강도를 가지는 대상체들의 변형경화지수값과, 최대수직거리값을 수직거리값으로 나눠서 연산된 압흔 변수값 사이의 관계가 기획득되어 있어서,

상기 가수값에 따라 연산되는 압흔변수값을 상기 수직압흔변수값과 비교하여 기설정된 오차범위 내에 있는지 확

인하는 것

을 특징으로 하는 압흔을 이용한 물성 획득방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

확인단계에서는

상기 기준값연산단계에서 연산된 상기 수평변위장값을 상기 기준수평변위장값을 비교한 결과와,

상기 압흔변수값과 상기 수직압흔변수값을 비교한 결과 중 어느 하나가 기설정된 오차범위 내가 아니면,

상기 가수값을 재설정하는 것

을 특징으로 하는 압흔을 이용한 물성 획득방법.

청구항 6

물성 획득 시스템에 있어서,

대상체의 압흔데이터에서 수직거리값을 연산하는 변수연산부;

상기 수직거리값을 수신하고, 기저장된 수직거리값과 수평변위장값 사이의 관계를 이용하여 상기 수직거리값에 대응되는 기준수평변위장값을 연산하는 기준값연산부;

임의의 물성의 가수값을 수신받고, 기저장된 물성별 수평거리값에 따른 수평변위장값 사이의 관계를 이용하여 상기 가수값에 대응되는 수평변위장값을 출력하고, 상기 출력된 수평변위장값과 상기 기준수평변위장값을 비교하여 오차범위 내인지 확인하는 확인부

를 포함하는 물성 획득 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

기준값연산부는

기저장되어 있는 마찰계수별 수평거리값에 따른 수평변위장값 사이의 관계에 대한 데이터를 이용하여,

상기 기준수평변위장값에 대응하는 기준수평거리값을 연산하며,

상기 기설정된 수평거리값은 적어도 상기 기준수평거리값보다 작지 않은 것

을 특징으로 하는 물성 획득 시스템.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 변수연산부는

상기 압흔데이터를 통하여 기 연산된 소성 변형에 따라 측정되는 최대수직거리값을 이용하여

상기 기준값연산부

상기 최대수직거리값을 상기 수직거리값으로 나눈 수직압흔변수값을 연산하는 것

을 특징으로 하는 물성 획득 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 확인부는

상이한 항복강도를 가지는 대상체들의 변형경화지수값과, 최대수직거리값을 수직거리값으로 나눈 압흔변수값 사

이의 관계가 기저장되어 있어서,

상기 가수값으로 변형경화지수값이 수신되면, 상기 수신된 변형경화지수값에 대응되는 상수값을 연산하여 상기 기준상수값과 비교하여 오차범위 내에 있는지를 확인하는 것

을 특징으로 하는 물성 획득 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 압흔을 이용하여 물성을 획득하는 방법 및 그 시스템에 관한 것이다. 특히 수평거리의 변위를 이용하여 추가 실험 없이 압흔만을 이용하여 재료의 물성을 측정할 수 있는 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 제품의 신뢰성은 매우 중요하다. 따라서 제품이 완성된 후 신뢰성 테스트를 수행하는 것은 산업 현장에서 매우 중요한 사후 공정 중 하나이다. 제품의 재료 물성을 평가하는 방법으로는 인장시험이 주로 이용된다. 그러나 인장시험은 엄격한 표준시편과, 제품의 파손을 요구한다. 또한, 인장시험은 마이크로 단위, 나노 단위의 국부 물성 획득이 어려워 산업현장에서 활용되기에는 한계가 있다.

[0003] 따라서 제품의 신뢰성을 테스트 하기 위하여 제품을 파괴하지 않으며, 마이크로 단위, 나노 단위의 국부 물성을 획득할 수 있는 장점을 가지는 압입시험법에 대한 관심이 높아지고 있다. 압입시험법은 제품의 표면을 다양한 형상의 압입자로 가압하여 획득되는 압입하중-변위 곡선을 이용하는 방법 또는 압입자를 제거 시 형성되는 압력의 흔적(압흔)을 이용하여 물성을 획득하는 것이다.

[0004] 그러나 압입시험법 역시 다음과 같은 단점을 가지고 있다.

[0005] 첫 번째로 압입하중-변위 곡선을 이용하는 방법은 외부 환경 요인으로 인하여 결과가 부정확한 경우가 발생되어 추가 실험이 수행되어야 한다는 것이다. 이는 초기접촉 또는 장비 그 자체의 문제 등으로 인하여 발생하는 것으로 예측된다. 그리고 이를 타개하기 위하여 현재는 추가 실험이 수반된다.

[0006] 두 번째로 압흔을 이용하는 방법이 활용된다. 압흔을 이용하는 방법은 한 번의 시험에서 획득된 압흔을 이용하여 재료평가가 가능하다. 그러나 압흔을 이용하는 방법은 유사 물성 문제가 발생되며, 이를 해결하기 위하여 다 회 시험이 요구된다. 그리고, 현재 압흔은 수직변위정보만을 이용하기에 활용 가능 정보가 제한적이어서, 단회성 시험으로 유사물성 문제를 해결하기 어렵다.

[0007] 이처럼 압입시험법은 장점을 가지고 있으나, 부정확한 결과, 별도의 장비 활용, 추가 실험 요구라는 단점 등을 가져서 산업 현장에서 적용되기 어려운 단점을 가지고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 국내 공개특허 공개번호 2013-0123699, "압흔영상분석을 기반으로 하는 구형 압흔의 유동곡선 획득방법"

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 일실시예에 의한 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위한 것으로 제품의 물성을 정확하게 얻고, 별도의 장비가 필요하지 않으며, 1회의 실험으로 제품의 물성을 획득할 수 있는 물성 획득방법 및 물성 획득 시스템을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 압흔을 이용한 물성 획득방법은 압흔에서 수직거리값을 연산하는 기초값연산단계; 기획득된 수직거리값과 수평

변위장값 사이의 관계를 이용하여, 기설정된 수평거리값에서 상기 압흔에서 연산된 수직거리값에 대응되는 수평변위장값인 기준수평변위장값을 연산하는 기준값연산단계; 임의의 물성의 가수값을 설정하는 가수값설정단계; 및 기획득된 물성별 수평거리값에 따른 수평변위장값 사이의 관계를 이용하여 기설정된 수평거리값에서 획득되는 수평변위장값을 상기 기준수평변위장값과 비교하여 오차범위 내인지 확인하여 상기 가수값으로 설정한 물성인지 확인하는 확인단계를 포함한다.

- [0011] 기준값연산단계는 상기 기준수평변위장값과, 기획득된 마찰계수별 수평거리값에 따른 수평변위장값 사이의 관계를 이용하여 상기 기준수평변위장값에 대응되는 수평거리값인 기준수평거리값을 연산하고, 상기 기설정된 수평거리값은 기준수평거리값보다 작지 않은 범위 내에서 설정되는 것을 특징으로 한다.
- [0012] 기초값연산단계에서는 상기 대상체의 소성 변형에 따라 측정되는 최대수직거리값을 연산하고, 상기 기준값연산단계에서는 상기 최대수직거리값을 상기 수직거리값으로 나눈 수직압흔변수값을 연산하는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 가수값설정단계에서 상기 가수값은 임의로 설정된 변형경화지수값과 임의의 항복강도값을 포함하며 상기 확인단계에서는 상이한 항복강도를 가지는 대상체들의 변형경화지수값과, 최대수직거리값을 수직거리값으로 나뉘서 연산된 압흔변수값 사이의 관계가 기획득되어 있어서, 상기 가수값에 따라 연산되는 압흔변수값을 상기 수직압흔변수값과 비교하여 기설정된 오차범위 내에 있는지 확인하는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 확인단계에서는 상기 기준값연산단계에서 연산된 상기 수평변위장값을 상기 기준수평변위장값을 비교한 결과와, 상기 압흔변수값과 상기 수직압흔변수값을 비교한 결과 중 어느 하나가 기설정된 오차범위 내가 아니면, 상기 가수값을 재설정하는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 또한, 본 발명인 물성 획득 시스템은 대상체의 압흔데이터에서 수직거리값을 연산하는 변수연산부; 상기 수직거리값을 수신하고, 기저장된 수직거리값과 기준수평변위장값 사이의 관계를 이용하여 상기 수직거리값에 대응되는 기준수평변위장값을 연산하는 기준값연산부; 임의의 물성의 가수값을 수신받고, 기저장된 물성별 수평거리값에 따른 수평변위장값 사이의 관계를 이용하여 상기 가수값에 대응되는 수평변위장값을 출력하고, 상기 출력된 수평변위장값과 상기 기준수평변위장값을 비교하여 오차범위 내인지 확인하는 확인부를 포함한다.
- [0016] 기준값연산부는 기저장되어 있는 마찰계수별 수평거리값에 따른 수평변위장값 사이의 관계에 대한 데이터를 이용하여, 상기 기준수평변위장값에 대응하는 기준수평거리값을 연산하며, 상기 기설정된 수평거리값은 적어도 상기 기준수평거리값보다 작지 않은 것을 특징으로 한다.
- [0017] 변수연산부는 상기 압흔데이터를 통하여 기 연산된 소성 변형에 따라 측정되는 최대수직거리값을 연산하고, 상기 기준값연산부는 상기 최대수직거리값을 상기 수직거리값으로 나눈 수직압흔변수값을 연산하는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 확인부는 상이한 항복강도를 가지는 대상체들의 변형경화지수값과, 최대수직거리값을 수직거리값으로 나눈 압흔변수값 사이의 관계가 기저장되어 있어서, 상기 가수값으로 변형경화지수값이 수신되면, 상기 수신된 변형경화지수값에 대응되는 상수값을 연산하여 상기 기준상수값과 비교하여 오차범위 내에 있는지를 확인하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0019] 일실시예에 의한 본 발명은 압흔의 수평거리의 변위(변위장)를 활용하여 제품의 물성을 획득하여 제품의 물성을 고가의 별도 장비가 필요없이 1회의 실험으로 정확하게 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 일실시예에 의한 압흔을 이용한 물성 획득방법의 순서도이다.
- 도 2는 일실시예에 의한 표면형상측정기와 DIC기법에 의하여 압흔을 촬영한 것이다.
- 도 3에서 (a)는 일실시예에 의한 수평거리에 따른 수직거리값, 최대수직거리값을 나타낸 것이고, (b)는 일실시예에 의한 수평거리에 따른 수평변위장값을 나타낸 것이다.
- 도 4는 일실시예에 의한 물성 획득 시스템의 구성을 도시한 것이다.
- 도 5는 인장시험, 기존의 압입시험법 본 발명의 일실시예에 의한 압흔을 이용한 물성 획득방법 및 물성 획득 시스템을 이용하여 STS 304획득한 물성을 인장응력-변형률 곡선으로 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 이하, 본 발명의 일실시예를 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다. 그러나 이는 본 발명의 범위를 한정하려고 의도된 것은 아니다.

[0022] 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.

[0023] 또한, 도면에 도시된 구성요소의 크기나 형상 등은 설명의 명료성과 편의상 과장되게 도시될 수 있다. 또한, 본 발명의 구성 및 작용을 고려하여 특별히 정의된 용어들은 본 발명의 실시예를 설명하기 위한 것일 뿐이고, 본 발명의 범위를 한정하는 것이 아니다.

[0024] 또한, 본 명세서에서 각 기호 및 용어를 아래와 같이 정의하도록 한다.

D	: 압입자직경
σ	: 진응력
σ_o	: 항복강도
K	: 강성계수
E	: 탄성계수
ε_i	: 진변형률
n	: 변형경화지수
u_r	: 수평변위장값
r_{rep}	: 기준수평거리값
u_{rep}	: 기준수평변위장값
h_p	: 수직거리값
c^2	: 압흔변수값

[0025]

[0026] 도 1은 일실시예에 의한 압흔을 이용한 물성 획득방법의 순서도이다.

[0027] 일실시예에 의한 본 발명인 압흔을 이용한 물성 획득방법은, 기초자료획득단계(S100), 기초값연산단계(S200), 기준값연산단계(S300), 가수값설정단계(S400), 확인단계(S500)를 포함할 수 있다.

[0028] 기초자료수집단계는 물성 획득의 기초가 되는 데이터를 수집하는 단계이다.

[0029] 기초자료수집단계는 대상체와 압흔간의 상관관계에 대한 데이터를 수집하는 단계이다. 일례로 데이터는 Hollomon모델에 기초할 수 있다.

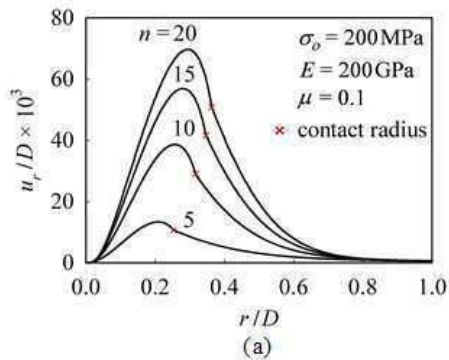
$$\sigma = \begin{cases} E\varepsilon_i & (\sigma \leq \sigma_o) \\ K\varepsilon_i^{1/n} & (\sigma \geq \sigma_o, 1 < n \leq \infty) \end{cases} \quad \text{-- Hollomon모델 관련 식}$$

[0030]

[0032] 즉, 다양한 항복강도, 변형경화지수를 가지는 대상체에 다양한 압입시험을 수행하여 기초데이터를 수집할 수 있다. 여기서 기초데이터는 수평변위장값에 대한 수치적인 분석을 포함할 수 있다. 여기서, 수평변위장값에 대한 수치적인 분석이란 대상체의 물성과 수평변위값 사이의 관계를 해석하는 것을 의미한다.

[0033] 이를 통하여 기초데이터는 다양한 항복강도, 변형경화지수를 가지는 대상체에 특정한 압입이 가해졌을 때, 수직거리값, 최대수직거리값, 특정한 거리값에서 수평변위장값 등 사이의 관계를 설정할 수 있으며, 다음과 같은 관계에 대한 기초데이터들을 획득할 수 있었다.

[0034] 이하에서는 이해의 편의를 위하여 특정한 실시예를 통하여 획득된 기초데이터들을 설명하도록 하겠다. (참고로 이하에서 분모와 분자로 구성된 기호는 분자된 용어를 사용하여 설명하도록 하겠다. 또한, 아래의 데이터들은 유한요소해석을 통하여 수집되었다)



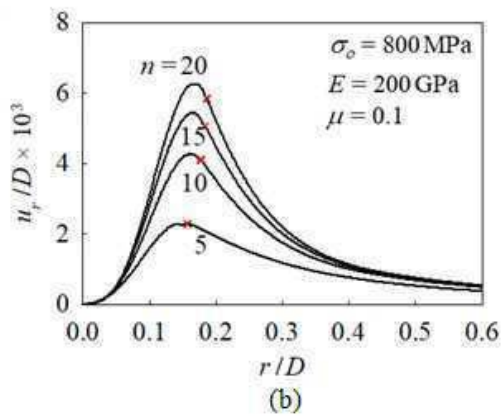
[0036]

[0037] <그래프 1>

[0039] 본 발명자는 변형경화지수값을 다르게 하여 수평거리값에 따른 수평변위장값들 사이의 관계를 설정하여 살펴보았다.

[0040] 일례로 마찰계수값은 0.1로 설정하였고, 탄성계수값은 200GPa, 항복강도값은 200MPa로 설정하였다. 그리고 변형경화지수값은 5, 10, 15, 20으로 설정하였다.

[0041] 이 경우 수평변위장값은 수평거리값이 커질수록 점점 증가하다가, 특정한 수평거리값을 지나게 되면 이후 감소하여 0으로 수렴하게 되는 것을 확인할 수 있었다.



[0043]

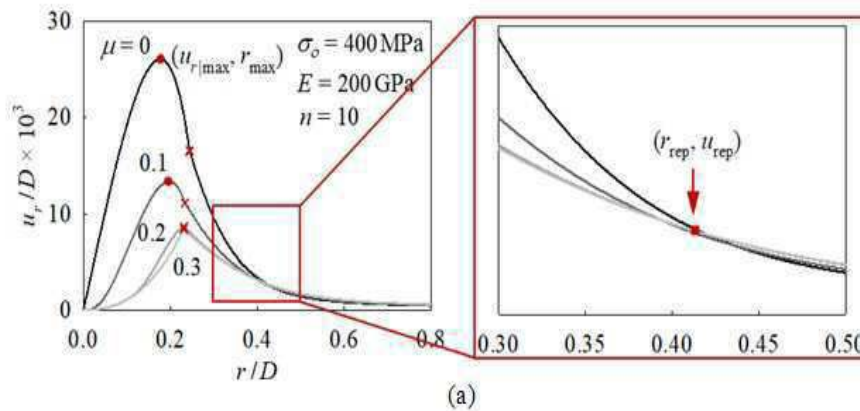
[0044] <그래프 2>

[0046] 본 발명자는 이러한 경향이 설정된 값이 다른 경우에도 유사한지 확인하여 보았다. 일례로 마찰계수값은 0.1, 탄성계수값은 200GPa, 항복강도값은 800GPa로 설정하였다. 그리고 변형경화지수값은 5, 10, 15, 20으로 설정하였다.

[0047] 이 경우 수평변위장값은 항복강도값이 200MPa일 때보다 작은 크기를 가지게 되었으며, 크기가 감소하는 수평거리값 역시 작아졌다. 그러나 수평변위장값은 특정한 수평거리값까지 커지다가 특정한 수평거리값을 지나게 되면 감소되는 그 경향은 유사한 것을 확인할 수 있었다.

[0048] 본 발명자는 위와 같은 특성을 확인하고, 이번에는 마찰계수별 수평거리값에 따른 수평변위장값 사이의 관계를

확인하여 보았다.



[0050]

[0051] <그래프 3>

[0053] 일례로 항복강도값은 400MPa, 탄성계수값은 200GPa, 변형경화지수값은 10으로 설정하였다. 그리고 마찰계수값은 0, 0.1, 0.2, 0.3으로 설정하였다. 이를 살펴보면, 수평거리값과 수평변위장값 사이의 관계 역시 경향성을 가짐을 확인할 수 있었다.

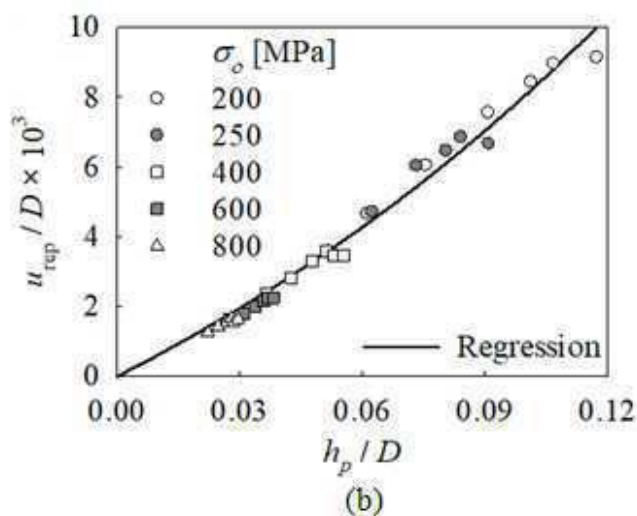
[0054] 즉, 수평거리값이 증가함에 따라 수평변위장값은 커지다가 특정한 수평거리값을 지나게 되면 수평변위장값이 점점 감소하게 되는 경향을 확인할 수 있었다.

[0055] 이와 같은 마찰계수별 수평거리값과 수평변위장값 사이의 관계에서는 유의미한 결과를 획득할 수 있었다. 바로 설정된 수평거리값 이상에서는 마찰계수값의 영향을 거의 받지 않는다는 것이다.

[0056] 재료(대상체)에서 마찰계수값을 측정하기란 매우 어렵기 때문에 마찰계수값에 영향을 받지 않는 지점을 알 수 있다면 그 지점 이후부터 분석을 하게되면 마찰계수를 고려하지 않아도 되기 때문이다. 이는 항복강도값, 탄성계수값, 변형경화지수값을 다르게 하여도 마찬가지로의 경향성을 보였다.

[0057] 본 발명자는 위의 데이터를 확인하고, 마찰계수값의 영향이 미비해지는 수평거리값을 기준수평거리값으로 설정하고, 수평변위장값을 기준수평변위장값으로 설정하였다.

[0058] 본 발명자는 또한 항복강도, 변형경화지수 별 수직거리값과 기준수평변위장값의 관계를 살펴보았다.



[0060]

[0061] <그래프 4>

[0063] 여기서, 그래프 4에서는 표시되지 않았으나, 변형경화지수도 고려되었다.

[0064] 일례로, 그래프 4를 확인하면 항복강도 200MPa에서 여섯개의 원형의 흰색원형 점들이 존재하는데, 이는 항복강도 200MPa일 때 변형경화지수=5, 7, 13, 15, 20에 대한 것이며, 동일한 항복강도에서 변형경화지수가 작으면, 수직거리값이 작아지게 된다. 그래프 4는 이러한 경향도 표시된 바, 변형경화지수 역시 고려되었다.

[0065] 일례로 항복강도값은 200MPa, 250MPa, 400MPa, 600MPa, 800MPa로 설정하였다. 이를 회귀 분석한 결과 항복강도에 따라 대소 차이는 있지만, 수직거리값에 따라 기준수평변위장값이 특정한 경향을 가진다는 것을 알게 되었다. 그리고 이를 회귀분석을 통하여 수식을 구하여 보면 다음과 같은 제1함수식으로 나타낼 수 있음을 알게 되었다.

[0066]

$$u_p/D = f^{1st}(h_p/D) = 6.31 \times \left[\exp(8.55(h_p/D)) - 1 \right] \times 10^{-3}$$

[0067] - 제1함수식

[0069] 본 발명자는 위와 같은 기초데이터들을 가지고 다음과 같은 내용의 알고리즘을 고안할 수 있었다.

[0070] (1) 항복강도 및 변형경화지수 별 수직거리값과 기준수평변위장값의 관계를 통하여 수직거리값을 알게 되면, 기준수평변위장값을 획득할 수 있다.

[0071] (2) 기준수평변위장값을 알면, 마찰계수별 수평거리값에 따른 수평변위장값 사이의 관계를 이용하여 기준수평거리값을 알 수 있다. (왜냐하면 기준수평거리값은 기준수평변위장값에 1:1 대응하기 때문이다.)

[0072] (3) 기준수평거리값을 알게 되면, 마찰계수별 수평거리값에 따른 수평변위장값 사이의 관계를 이용하여 분석을 위한 수평거리값의 범위를 설정할 수 있다. 이는 기준수평거리값 이전의 수평거리값에서는 마찰계수값에 따라 수평변위장값이 크게 변경되고, 이후부터는 마찰계수값에 영향을 받지 않기 때문이다. 다만, 수평변위장값의 크기가 너무 작으면, 유의미한 데이터를 측정할 수 없으므로, 유의미한 데이터가 측정될 수 없는 부분은 버린다.

[0073] 위와 같은 알고리즘을 토대로 분석의 범위가 되는 기준수평거리값 < 수평거리값 < 2*기준수평거리값으로 설정됨이 바람직하다.

[0074] 그리고 위의 수평거리값에 따른 수평변위장값 사이의 관계를 이용하여 기준수평거리값에서 기준수평거리값과 2*기준수평거리값 사이를 회귀분석한 결과 다음과 같은 함수식 2를 획득할 수 있었다.

$$\begin{aligned} u_r(r/D, \sigma_o/E, n) &= f^n(r/D, \sigma_o/E, n) \\ &= A_0 + \exp[A_1 - A_2(r/D)] \\ A_i &= f_i^n(\sigma_o/E, n) = \beta_{ijk} n^{-j} \left[(\sigma_o/E) \times 10^3 \right]^k \\ \text{for } i &= 0, 1, 2; \quad j = 0, 1, 2; \quad k = 0, 1, 2, 3 \end{aligned}$$

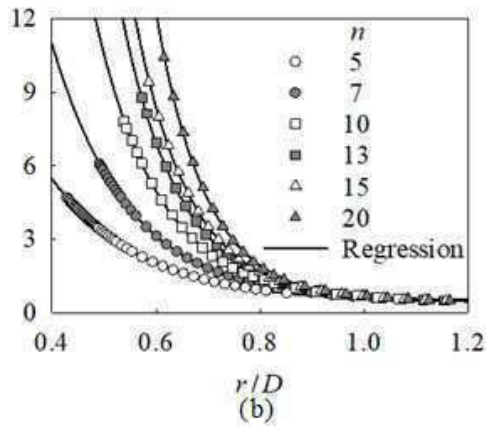
[0076] - 함수식 2

[0078] 이처럼 본 발명자는 다양한 대상체들의 수많은 물성 데이터에서 수평거리값과 수평변위장값을 이용하여 분석의 범위를 좁힐 수 있었다.

[0079] 이제 미지의 대상체의 물성인 항복강도값과, 변형경화지수별 다른 특성들 간의 경향성을 알 수 있다면 항복강도

값과 변형경화지수값을 확인할 수 있을 것이다.

[0080] 본 발명자는 유한요소해석으로 다양한 결과를 분석한 결과, 변형경화지수 별 수평거리값과 수평변위장값 사이에서 관계는 일정한 경향을 가지고 있음을 알게 되었다.

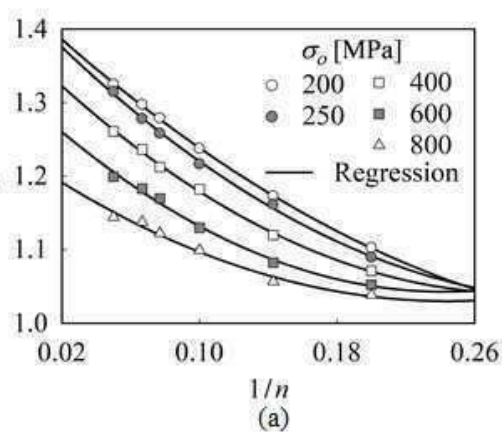


[0082]

[0083] <그래프 5>

[0085] 변형경화지수 별 수평거리값에 따라 수평변위장값간의 관계를 확인한 결과, 수평거리값이 커질수록 수평변위장값은 작아진다는 것을 확인하게 되었다. 변형경화지수값이 클수록 수평변위장값은 특정한 수평거리값 이하에서는 크게 벌어질 수 있으나, 특정한 수평거리값 이하에서는 점점 작아지게 된다는 것을 확인할 수 있었다.

[0087] 또한 본 발명자는 항복응력별 변형경화지수값과 압흔변수값 사이의 관계 역시 경향성을 가지고 있음을 확인할 수 있었다.



[0089]

[0090] <그래프 6>

[0092] 보다 정확하게는 변형경화지수값의 역수와 압흔변수값 사이에 경향성을 확인할 수 있었다. 압흔변수값은 최대수직거리를 수직거리로 나눈 값이다.

[0093] 위의 그래프 x에서 확인할 수 있듯이, 변형경화지수값의 크기가 작아질수록(변형경화지수의 역수는 커짐) 압흔변수값은 작아지는 경향을 보임을 확인할 수 있으며, 항복강도값이 작을수록 그 값은 큰 것임을 알 수 있다.

[0094] 그리고 이를 회귀분석을 수행하면 다음과 같은 함수식 3을 구할 수 있다.

$$c^2 = h_{ps} / h_p$$

[0096]

[0097] 즉, 최대수직거리를 수직거리로 나눈 값이다.

[0098] 위의 그래프 x에서 확인할 수 있듯이, 변형경화지수값의 크기가 작아질수록(변형경화지수의 역수는 커짐) 압흔 변수값은 작아지는 경향을 보임을 확인할 수 있으며, 항복강도값이 작을수록 그 값은 큰 것임을 알 수 있다.

[0099] 그리고 이를 회귀분석을 수행하면 다음과 같은 함수식 3을 구할 수 있다.

$$c^2 = f^c(\sigma_o/E, n) = \alpha_{ij} n^{-i} \left[(\sigma_o/E) \times 10^3 \right]^j, \quad \text{for } i=0,1,2; j=0,1,2$$

[0100] - 함수식 3

[0102] 정리하자면 기초자료획득단계(S100)를 통하여 (i) ~ (iv)의 기초데이터를 획득할 수 있었다.

[0103] 기초데이터 (i) 마찰계수별 수평거리값에 따른 수평변위장값 사이의 관계

[0104] 기초데이터 (ii) 항복강도 및 변형경화지수 별 수직거리값과 기준수평변위장값 사이의 관계

[0105] 기초데이터 (iii) 변형경화지수 및 항복강도 별 수평거리값과 수평변위장값 사이에서 관계

[0106] 기초데이터 (iv) 항복강도 및 변형경화지수 별 변형경화지수값과 압흔변수값과 사이의 관계

[0107] 기초값연산단계(S200)는 압흔을 분석하여 수직거리값을 연산하는 단계이다.

[0108] (이하에서는 설명의 편의를 위하여 대상체의 물성이 그래프 3과 같이 항복강도 400MPa, 변형경화지수는 10이라고 가정하겠다)

[0109] 또한, 기초값연산단계(S200)는 압흔을 분석하여 최대수직거리값을 연산할 수 있다.

[0110] 본 발명은 압입 후의 대상체의 표면을 표면형상측정기를 이용하여 수직거리값을 획득할 수 있다.

[0111] 또한 최대수직거리값을 연산할 수 있다. 최대수직거리값은 대상체가 압입에 의하여 소성 변형되어 압입 중심의 최대 압입 깊이로부터 pile-up/sink-in까지의 거리를 의미할 수 있다.

[0112] 또한, 본 발명은 디지털 이미지 상관기법(DIC기법)을 활용하여 압입 전, 압입 후의 대상체의 표면의 형태를 분석한다. 디지털 이미지 상관기법은 대상체에 불규칙한 패턴을 만들고, 압입 전 후의 패턴의 형상을 분석하여 압흔을 분석할 수 있는 기법이다.

[0113] 이러한 방법에 의하여 일실시예에 의한 표면을 분석한 결과는 아래와 같다.

[0114] 도 2는 일실시예에 의한 표면형상측정기와 DIC기법에 의하여 압흔을 촬영한 것이다.

[0115] 도 2에서 좌측은 표면형상측정기를 이용하여 대상체의 수직거리값을 측정한 것이고, 우측은 수평변위장값을 측정한 것이다.

[0116] 기초값연산단계(S200)에서는 도 2와 같은 이미지를 이용하여 압흔에 따라 발생한 수평거리값에 따른 수직거리값, 최대수직거리값, 그리고 수평변위장값을 측정할 수 있다.

[0117] 기준값연산단계(S300)는 수직거리값과 수평변위장값 사이의 관계를 이용하여 기준수평변위장값을 연산하는 단계이다.

[0118] 정확하게는 기초데이터 (ii)인 항복강도 및 변형경화지수 별 수직거리와 기준수평변위장값사이의 관계를 이용한다. 즉, 전술하여 설명한 바와 같이, 기준수평변위장값은 물성을 알지 못하여도 수직거리값만을 알면 연산될 수 있기 때문이다. 따라서 함수식 1에 연산된 수직거리값을 대입하면, 그에 대응하는 기준수평변위장값을 획득할

수 있을 것이다.

- [0119] 또한, 기준값연산단계(S300)에서는 획득된 기준수평변위장값을 이용하여, 기설정된 수평거리값(r)을 획득할 수 있다. 여기서는 기초데이터 (i) 마찰계수별 수평거리값에 따른 수평변위장값 사이의 관계가 이용된다.
- [0120] 즉, 그래프에서 수직축에 해당하는 수평변위장값인 기준수평변위장값을 알 수 있으면 그에 대응한 수평축에 해당하는 수평거리값을 알 수 있기 때문이다. 여기서 함수식 2에 기준수평변위장값을 대입하여 수평거리값을 획득할 수 있다. 정리하면 수직거리값을 연산하여 기준수평변위장값을 연산하고, 기준수평변위장값을 이용하여 이에 대응되는 수평거리값을 구할 수 있다.
- [0121] 여기서, 보다 정확하게 수평거리값은 고정된 값인 기준수평거리값일 수 있다. 즉, 전술한 그래프 4에서 확인되는 바와 같이 기준수평변위장값을 알게 되면 물성과 상관없이 기준수평거리값을 구할 수 있다. 따라서 해석에 이용되는 설정된 수평거리는 기준수평거리값보다 작지 않고, $2 \times$ 기준수평거리값보다 크지 않게 설정될 수 있다.
- [0122] 이를 통하여 사용자가 획득한 결과는 기준수평거리값보다 작지 않고, $2 \times$ 기준수평거리값보다 크지 않은 수평거리값에서 수평변위장값(수평변위장값들)을 획득할 수 있다.
- [0123] 가수값설정단계(S400)는 물성의 가수값을 설정하는 단계이다.
- [0124] 일례로 가수값은 제1가수값, 제2가수값으로 구성될 수 있다. 제1가수값은 항복응력값일 수 있고, 제2가수값은 변형경화지수값일 수 있다.
- [0125] 확인단계(S500)는 물성별 수평거리값에 따른 수평변위장값 사이의 관계를 이용하여 기설정된 수평거리값의 범위(기준수평거리값보다 작지 않고, $2 \times$ 기준수평거리값보다 크지 않은 수평거리)에서 획득되는 수평변위장값과 획득된 수평변위장값들을 비교하여 오차범위 내인지 확인하는 단계이다.
- [0126] 여기서는 설명의 편의를 위하여 대상체가 그래프 3과 같이 변형경화지수값이 10, 그리고 기준수평거리값은 0.4(함수식 1 이용)일 때 그리고 오차범위가 0.5라고 가정하였고, 사용자는 대상체의 변형경화지수를 알지 못하므로 8로 설정하였다. 그리고 수평거리를 0.4로 설정하였다.
- [0127] 이 경우, 기초데이터 (iii)인 변형경화지수 및 항복강도 별 수평거리값과 수평변위장값 사이에서 관계가 이용된다. 이 경우 아래의 그래프와 같은 결과가 획득될 것이다.
- [0128] 그러나 이 결과는 대비가 되는 기준수평변위장값과 대비할 때, 오차범위 외에 위치되게 된다. 그러면 가수값의 입력에 따른 결과가 틀리게 되었으므로, 변형경화지수가 다시 가정되어야 한다.
- [0129] 만약 입력된 가수값인 변형경화지수값이 10이라고 입력되면 이에 따라 얻게 되는 결과(수평변위장값)은 대비가 되는 기준수평변위장값과 대비할 때 오차범위 내에 위치되게 된다. 그러면 가수값이 맞게 된 것이므로, 이 가수값이 출력될 수 있다.
- [0130] 한편, 확인단계(S500) 전술한 바와 같이 1:1 대응이 되지 않을 수 있다. 즉, 범위 대 범위로 비교될 수 있다.
- [0131] 전술한 바와 같이 설정된 수평거리값은 하나의 값이 아닌 기준수평거리값보다 작지 않고, $2 \times$ 기준수평거리값보다 크지 않은 수평거리값인 범위로 결정되기 때문이다. 그리고 이에 따라 획득되는 기준수평변위장값은 복수개가 설정된다.
- [0132] 이에 따라 가수값인 임의의 변형경화지수값이 7로 입력되면, 기준수평거리값보다 작지 않고, $2 \times$ 기준수평거리값보다 크지 않은 수평거리값 내에 변형경화지수가 7인 복수의 수평변위장값들이 정답인 기준수평거리값보다 작지 않고, $2 \times$ 기준수평거리값보다 크지 않은 수평거리값 내에 위치된 변형경화지수값이 10인 기준수평변위장값들과 비교될 수 있다.
- [0133] 그리고 이 경우, 범위 내에 비교된 기준수평변위장값과 수평변위장값의 차가 설정된 오차범위(예를 들면 0.5) 내에 위치되지 않으면 가수값은 잘못 입력된 것이 될 것이다.
- [0134] 도 3에서 (a)는 일실시예에 의한 수평거리에 따른 수직거리값, 최대수직거리값을 나타낸 것이고, (b)는 일실시예에 의한 수평거리에 따른 수평변위장값을 나타낸 것이다.
- [0135] 또한, 본 발명에서는 압흔변수값이 추가로 활용될 수 있다.
- [0136] 본 발명의 기초값연산단계(S200)에서는 도 3의 (a)에서 도시된 바와 같이 수직거리값 이외에 소성 변형에 따라 측정되는 최대수직거리값 역시 연산될 수 있다.

- [0137] 그리고 기준값연산단계(S300)에서는 연산된 최대수직거리값과 수직거리값을 이용하여 수직압흔변수값이 연산될 수 있을 것이다.
- [0138] 가수값설정단계(S400)에서 전술한 바와 같이 임의의 항복강도값이 입력될 수 있다.
- [0139] 확인단계(S500)에서는 기초데이터 (iv)인 항복강도 및 변형경화지수별 변형경화지수값과 압흔변수값 사이의 관계가 활용될 수 있다.
- [0140] 가수값설정단계(S400)에서 제2가수값인 임의의 변형경화지수값이 입력되고, 제1가수값인 임의의 항복강도값이 입력되면 이에 대응되는 압흔변수값이 연산될 수 있다. 확인단계(S500)에서는 이와 같이 연산된 압흔변수값과 수직압흔변수값을 대비하여 오차범위(예를 들면 0.5) 내에 있는지 확인할 수 있다.
- [0141] 이를 통하여 설정된 제1가수값이 대상체의 항복강도값인지 아닌지를 확인할 수 있다. 위와 단계를 거쳐 본 발명은 압흔만을 통하여 대상체의 물성을 획득할 수 있다.
- [0142] 도 4는 일실시예에 의한 물성 획득 시스템의 구성을 도시한 것이다.
- [0143] 본 발명의 일실시예에 의한 물성 획득 시스템은 기초데이터부(100), 촬영부(200), 입력부(300), 변수값연산부(400), 기준값연산부(500), 확인부(600)를 포함한다.
- [0144] 기초데이터부(100)에는 전술한
- [0145] 기초데이터 (i) 마찰계수별 수평거리값에 따른 수평변위장값 사이의 관계
- [0146] 기초데이터 (ii) 항복강도 및 변형경화지수별 별 수직거리값과 기준수평변위장값사이의 관계
- [0147] 기초데이터 (iii) 항복강도 및 변형경화지수 별 수평거리값과 수평변위장값 사이에서 관계
- [0148] 기초데이터 (iv) 항복강도 및 변형경화지수 별 변형경화지수값과 압흔변수값 사이의 관계
- [0149] 들이 기초데이터로 저장되어 있다.
- [0150] 촬영부(200)는 표면형상측정기와 DIC기법을 위한 복수의 카메라를 의미할 수 있다. 촬영부(200)는 표면형상측정기로 측정된 제1이미지데이터와 복수의 카메라를 이용하여 측정된 제2이미지데이터를 생성할 수 있다.
- [0151] 변수값연산부(400)는 전술한 기초값연산단계(S200)에 대응되는 역할을 수행할 수 있다.
- [0152] 변수값연산부(400)는 제1이미지데이터와 제2이미지데이터를 포함할 수 있다.
- [0153] 변수값연산부(400)는 제1이미지데이터를 이용하여 수평거리값에 따른 수직거리값들을 연산할 수 있으며, 최대수직거리값을 연산할 수 있다.
- [0154] 또한, 제2이미지데이터를 이용하여 수평거리값에 따른 수평변위장값들을 연산할 수 있다.
- [0155] 기준값연산부(500)는 기준값연산단계(S300)에 대응되는 역할을 수행할 수 있다.
- [0156] 기보다 정확하게는 변형경화지수값의 역수와 압흔변수값 사이에 경향성을 확인할 수 있었다. 압흔변수값은 최대수직거리를 수직거리로 나눈 값이다.
- [0157] 위의 그래프 x에서 확인할 수 있듯이, 변형경화지수값의 크기가 작아질수록(변형경화지수의 역수는 커짐) 압흔변수값은 작아지는 경향을 보임을 확인할 수 있으며, 항복강도값이 작을수록 그 값은 큰 것임을 알 수 있다.
- [0158] 그리고 이를 회귀분석을 수행하면 다음과 같은 함수식 3을 구할 수 있다.

$$c^2 = f^c(\sigma_o/E, n) = \alpha_j n^i \left[(\sigma_o/E) \times 10^3 \right]^j, \quad \text{for } i=0,1,2; j=0,1,2$$

- [0159] - 함수식 3

- [0161] 정리하자면 기초자료획득단계(S100)를 통하여 (i) ~ (iv)의 기초데이터를 획득할 수 있었다.
- [0162] 기초데이터 (i) 마찰계수별 수평거리값에 따른 수평변위장값 사이의 관계

- [0163] 기초데이터 (ii) 항복강도 및 변형경화지수 별 수직거리값과 기준수평변위장값 사이의 관계
- [0164] 기초데이터 (iii) 변형경화지수 및 항복강도 별 수평거리값과 수평변위장값 사이에서 관계
- [0165] 기초데이터 (iv) 항복강도 및 변형경화지수 별 변형경화지수값과 압흔변수값과 사이의 관계
- [0166] 기초값연산단계(S200)는 압흔을 분석하여 수직거리값을 연산하는 단계이다.
- [0167] (이하에서는 설명의 편의를 위하여 대상체의 물성이 그래프 3과 같이 항복강도 400MPa, 변형경화지수는 10이라고 가정하겠다)
- [0168] 또한, 기초값연산단계(S200)는 압흔을 분석하여 최대수직거리값을 연산할 수 있다.
- [0169] 본 발명은 압입 후의 대상체의 표면을 표면형상측정기를 이용하여 수직거리값을 획득할 수 있다.
- [0170] 또한 최대수직거리값을 연산할 수 있다. 최대수직거리값은 대상체가 압입에 의하여 소성 변형되어 압입 중심의 최대 압입 깊이로부터 pile-up/sink-in까지의 거리를 의미할 수 있다.
- [0171] 또한, 본 발명은 디지털 이미지 상관기법(DIC기법)을 활용하여 압입 전, 압입 후의 대상체의 표면의 형태를 분석한다. 디지털 이미지 상관기법은 대상체에 불규칙한 패턴을 만들고, 압입 전 후의 패턴의 형상을 분석하여 압흔을 분석할 수 있는 기법이다.
- [0172] 이러한 방법에 의하여 일실시예에 의한 표면을 분석한 결과는 아래와 같다.
- [0173] 도 2는 일실시예에 의한 표면형상측정기와 DIC기법에 의하여 압흔을 촬영한 것이다.
- [0174] 도 2에서 좌측은 표면형상측정기를 이용하여 대상체의 수직거리값을 측정된 것이고, 우측은 수평변위장값을 측정한 것이다.
- [0175] 기초값연산단계(S200)에서는 도 2와 같은 이미지를 이용하여 압흔에 따라 발생한 수평거리값에 따른 수직거리값, 최대수직거리값, 그리고 수평변위장값을 측정할 수 있다.
- [0176] 기준값연산단계(S300)는 수직거리값과 수평변위장값 사이의 관계를 이용하여 기준수평변위장값을 연산하는 단계이다.
- [0177] 정확하게는 기초데이터 (ii)인 항복강도 및 변형경화지수 별 수직거리와 기준수평변위장값사이의 관계를 이용한다. 즉, 전술하여 설명한 바와 같이, 기준수평변위장값은 물성을 알지 못하여도 수직거리값만을 알면 연산될 수 있기 때문이다. 따라서 함수식 1에 연산된 수직거리값을 대입하면, 그에 대응하는 기준수평변위장값을 획득할 수 있을 것이다.
- [0178] 또한, 기준값연산단계(S300)에서는 획득된 기준수평변위장값을 이용하여, 기설정된 수평거리값(r)을 획득할 수 있다. 여기서는 기초데이터 (i) 마찰계수별 수평거리값에 따른 수평변위장값 사이의 관계가 이용된다.
- [0179] 즉, 그래프에서 수직축에 해당하는 수평변위장값인 기준수평변위장값을 알 수 있으면 그에 대응한 수평축에 해당하는 수평거리값을 알 수 있기 때문이다. 여기서 함수식 2에 기준수평변위장값을 대입하여 수평거리값을 획득할 수 있다. 정리하면 수직거리값을 연산하여 기준수평변위장값을 연산하고, 기준수평변위장값을 이용하여 이에 대응되는 수평거리값을 구할 수 있다.
- [0180] 여기서, 보다 정확하게 수평거리값은 고정된 값인 기준수평거리값일 수 있다. 즉, 전술한 그래프 4에서 확인되는 바와 같이 기준수평변위장값을 알게 되면 물성과 상관없이 기준수평거리값을 구할 수 있다. 따라서 해석에 이용되는 설정된 수평거리는 기준수평거리값보다 작지 않고, 2*기준수평거리값보다 크지 않게 설정될 수 있다.
- [0181] 이를 통하여 사용자가 획득한 결과는 기준수평거리값보다 작지 않고, 2*기준수평거리값보다 크지 않은 수평거리값에서 수평변위장값(수평변위장값들)을 획득할 수 있다.
- [0182] 가수값설정단계(S400)는 물성의 가수값을 설정하는 단계이다.
- [0183] 일례로 가수값은 제1가수값, 제2가수값으로 구성될 수 있다. 제1가수값은 항복응력값일 수 있고, 제2가수값은 변형경화지수값일 수 있다.
- [0184] 확인단계(S500)는 물성별 수평거리값에 따른 수평변위장값 사이의 관계를 이용하여 기설정된 수평거리값의 범위(기준수평거리값보다 작지 않고, 2*기준수평거리값보다 크지 않은 수평거리)에서 획득되는 수평변위장값과 획득된 수평변위장값들을 비교하여 오차범위 내인지 확인하는 단계이다.

- [0185] 여기서는 설명의 편의를 위하여 대상체가 그래프 3과 같이 변형경화지수값이 10, 그리고 기준수평거리값은 0.4 (함수식 1 이용)일 때 그리고 오차범위가 0.5라고 가정하였고, 사용자는 대상체의 변형경화지수를 알지 못하므로 8로 설정하였다. 그리고 수평거리를 0.4로 설정하였다.
- [0186] 이 경우, 기초데이터 (iii)인 변형경화지수 및 항복강도 별 수평거리값과 수평변위장값 사이에서 관계가 이용된다. 이 경우 아래의 그래프와 같은 결과가 획득될 것이다.
- [0187] 그러나 이 결과는 대비가 되는 기준수평변위장값과 대비할 때, 오차범위 외에 위치되게 된다. 그러면 가수값의 입력에 따른 결과가 틀리게 되었으므로, 변형경화지수가 다시 가정되어야 한다.
- [0188] 만약 입력된 가수값인 변형경화지수값이 10이라고 입력되면 이에 따라 얻게 되는 결과(수평변위장값)은 대비가 되는 기준수평변위장값과 대비할 때 오차범위 내에 위치되게 된다. 그러면 가수값이 맞게 된 것이므로, 이 가수값이 출력될 수 있다.
- [0189] 한편, 확인단계(S500) 전술한 바와 같이 1:1 대응이 되지 않을 수 있다. 즉, 범위 대 범위로 비교될 수 있다.
- [0190] 전술한 바와 같이 설정된 수평거리값은 하나의 값이 아닌 기준수평거리값보다 작지 않고, 2*기준수평거리값보다 크지 않은 수평거리값인 범위로 결정되기 때문이다. 그리고 이에 따라 획득되는 기준수평변위장값은 복수개가 설정된다.
- [0191] 이에 따라 가수값인 임의의 변형경화지수값이 7로 입력되면, 기준수평거리값보다 작지 않고, 2*기준수평거리값보다 크지 않은 수평거리값 내에 변형경화지수가 7인 복수의 수평변위장값들이 정답인 기준수평거리값보다 작지 않고, 2*기준수평거리값보다 크지 않은 수평거리값 내에 위치한 변형경화지수값이 10인 기준수평변위장값들과 비교될 수 있다.
- [0192] 그리고 이 경우, 범위 내에 비교된 기준수평변위장값과 수평변위장값의 차가 설정된 오차범위(예를 들면 0.5) 내에 위치되지 않으면 가수값은 잘못 입력된 것이 될 것이다.
- [0193] 도 3에서 (a)는 일실시예에 의한 수평거리에 따른 수직거리값, 최대수직거리값을 나타낸 것이고, (b)는 일실시예에 의한 수평거리에 따른 수평변위장값을 나타낸 것이다.
- [0194] 또한, 본 발명에서는 압흔변수값이 추가로 활용될 수 있다.
- [0195] 본 발명의 기초값연산단계(S200)에서는 도 3의 (a)에서 도시된 바와 같이 수직거리값 이외에 소성 변형에 따라 측정되는 최대수직거리값 역시 연산될 수 있다.
- [0196] 그리고 기준값연산단계(S300)에서는 연산된 최대수직거리값과 수직거리값을 이용하여 수직압흔변수값이 연산될 수 있을 것이다.
- [0197] 가수값설정단계(S400)에서 전술한 바와 같이 임의의 항복강도값이 입력될 수 있다.
- [0198] 확인단계(S500)에서는 기초데이터 (iv)인 항복강도 및 변형경화지수별 변형경화지수값과 압흔변수값 사이의 관계가 활용될 수 있다.
- [0199] 가수값설정단계(S400)에서 제2가수값인 임의의 변형경화지수값이 입력되고, 제1가수값인 임의의 항복강도값이 입력되면 이에 대응되는 압흔변수값이 연산될 수 있다. 확인단계(S500)에서는 이와 같이 연산된 압흔변수값과 수직압흔변수값을 대비하여 오차범위(예를 들면 0.5) 내에 있는지 확인할 수 있다.
- [0200] 이를 통하여 설정된 제1가수값이 대상체의 항복강도값인지 아닌지를 확인할 수 있다. 위와 단계를 거쳐 본 발명은 압흔만을 통하여 대상체의 물성을 획득할 수 있다.
- [0201] 도 4는 일실시예에 의한 물성 획득 시스템의 구성을 도시한 것이다.
- [0202] 본 발명의 일실시예에 의한 물성 획득 시스템은 기초데이터부(100), 촬영부(200), 입력부(300), 변수값연산부(400), 기준값연산부(500), 확인부(600)를 포함한다.
- [0203] 기초데이터부(100)에는 전술한
- [0204] 기초데이터 (i) 마찰계수별 수평거리값에 따른 수평변위장값 사이의 관계
- [0205] 기초데이터 (ii) 항복강도 및 변형경화지수별 수직거리값과 기준수평변위장값사이의 관계
- [0206] 기초데이터 (iii) 항복강도 및 변형경화지수 별 수평거리값과 수평변위장값 사이에서 관계

- [0207] 기초데이터 (iv) 항복강도 및 변형경화지수 별 변형경화지수값과 압흔변수값 사이의 관계
- [0208] 들이 기초데이터로 저장되어 있다.
- [0209] 촬영부(200)는 표면형상측정기와 DIC기법을 위한 복수의 카메라를 의미할 수 있다. 촬영부(200)는 표면형상측정기로 측정된 제1이미지데이터와 복수의 카메라를 이용하여 측정된 제2이미지데이터를 생성할 수 있다.
- [0210] 변수값연산부(400)는 전술한 기초값연산단계(S200)에 대응되는 역할을 수행할 수 있다.
- [0211] 변수값연산부(400)는 제1이미지데이터와 제2이미지데이터를 포함할 수 있다.
- [0212] 변수값연산부(400)는 제1이미지데이터를 이용하여 수평거리값에 따른 수직거리값들을 연산할 수 있으며, 최대수직거리값을 연산할 수 있다.
- [0213] 또한, 제2이미지데이터를 이용하여 수평거리값에 따른 수평변위장값들을 연산할 수 있다.
- [0214] 기준값연산부(500)는 기준값연산단계(S300)에 대응되는 역할을 수행할 수 있다.
- [0215] 기준값연산부(500)는 변수값연산부(400)로부터 수직거리값을 수신하고, 기초데이터부(100)에 기저장되어 있는 데이터인 항복강도 및 변형경화지수 별 수직거리값과 기준수평변위장값 사이의 관계에 대한 데이터 로드하여 수직거리값에 대응되는 기준수평변위장값을 연산할 수 있다.
- [0216] 확인부(600)는 전술한 확인단계(S500)에 대응되는 역할을 수행할 수 있다.
- [0217] 확인부(600)는 입력부(300)를 통하여 입력된 가수값을 수신받고, 기초데이터부(100)에 기저장되어 있는 항복강도 및 변형경화지수 별 수평거리값과 수평변위장값 사이에서 관계에 대한 데이터를 대한 데이터를 로드하여 입력된 가수값에 대응하는 수평변위장값을 출력하고, 확인한다.
- [0218] 여기서 확인부(600)는 수평변위장값과 기준수평변위장값의 차이가 오차범위 내인 경우 입력된 가수값에 해당하는 임의의 변형경화지수값을 대상체의 물성이라고 가정하여 출력할 수 있다.
- [0219] 그렇지 않고 수평변위장값과 기준수평변위장값의 차이가 오차범위 외인 경우, 입력부(300)는 또 다른 임의의 변형경화지수값을 입력할 수 있고, 확인부(600)는 채수신된 변형경화지수값을 이용하여 전술한 알고리즘 동작을 다시 수행한다.
- [0220] 또한, 기준값연산부(500)는 기저장되어 있는 마찰계수별 수평거리값에 따른 수평변위장값 사이의 관계에 대한 데이터를 로드하여, 기준수평변위장값에 대응하는 기준수평거리값을 연산할 수 있다.
- [0221] 그리고 전술한 설정된 수평거리값은 특정한 값이 아닌 범위로 설정할 수 있다. 여기서 설정된 수평거리값의 범위는 기준수평거리값보다 작지 않고, 2*기준수평거리값보다 크지 않도록 설정될 수 있다.
- [0222] 또한, 변수값연산부(400)는 기연산된 최대수직거리값을 이용하여 수직압흔변수값을 연산할 수 있다. 수직압흔변수값은 전술한 바와 같이 최대수직거리값을 상기 수직거리값으로 나누어 구해지는 파라미터이다.
- [0223] 확인부(600)는 입력부(300)에 제1가수값인 임의의 항복강도값이 입력되면, 기입력되어 있는 변형경화지수값과 기저장되어 있는 항복강도 및 변형경화지수 별 변형경화지수값과 압흔변수값 사이의 관계에 대한 데이터를 로드하여 변형경화지수값과 항복강도값에 대응되는 압흔변수값을 연산하고, 수직압흔변수값과 연산된 압흔변수값을 비교하여 오차범위 내에 있는지를 확인한다.
- [0224] 여기서 확인부(600)는 수직압흔변수값과 연산된 압흔변수값을 비교한 결과 양 값이 오차범위 내이면 제1가수값과 제2가수값을 출력하고, 그렇지 않으면 입력부(300)는 임의의 제1가수값과 제2가수값을 입력할 수 있다.
- [0225] 도 5는 인장시험, 기존의 압입시험법 본 발명의 일실시예에 의한 압흔을 이용한 물성 획득방법 및 물성 획득 시스템을 이용하여 STS 304획득한 물성을 인장응력-변형률 곡선으로 도시한 것이다.
- [0226] 도 5에서 도시된 바와 같이, 본 발명은 인장시험, 기존의 압입시험법과 미소한 차이는 있으나, 무시할 정도의 미소한 차이의 결과값을 획득할 수 있다.
- [0227] 본 발명은 특정한 실시 예에 관련하여 도시하고 설명하였지만, 이하의 특허청구범위에 의해 제공되는 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 한도 내에서, 본 발명이 다양하게 개량 및 변화될 수 있다는 것은 당 업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명할 것이다.

부호의 설명

[0229]

S100 : 기초자료 획득단계

S200 : 기초값연산단계

S300 : 기준값연산단계

S400 : 가수값 설정단계

S500 : 확인단계

100 : 기초데이터부

200 : 촬영부

300 : 입력부

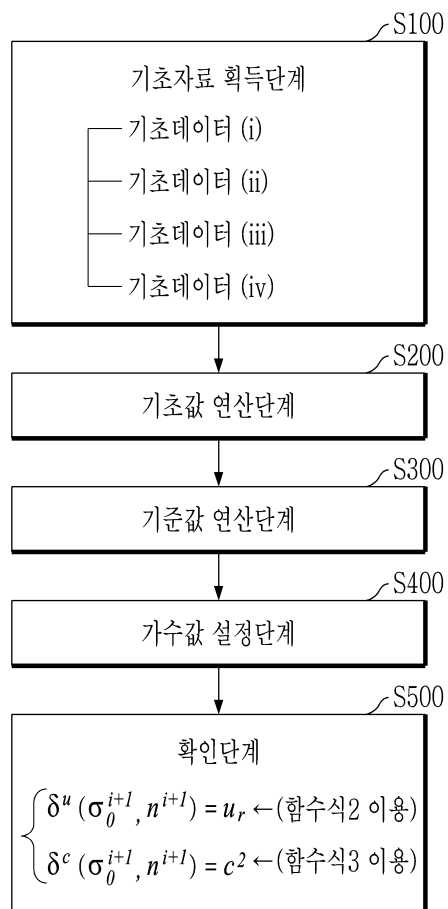
400 : 변수값연산부

500 : 기준값연산부

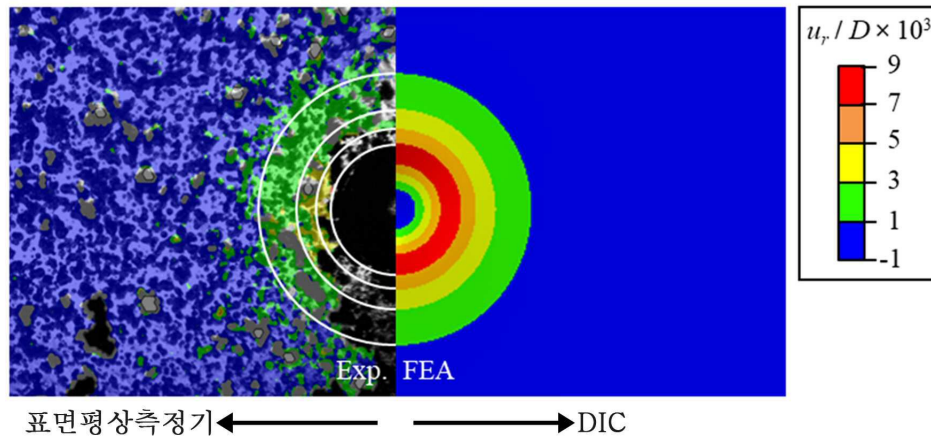
600 : 확인부

도면

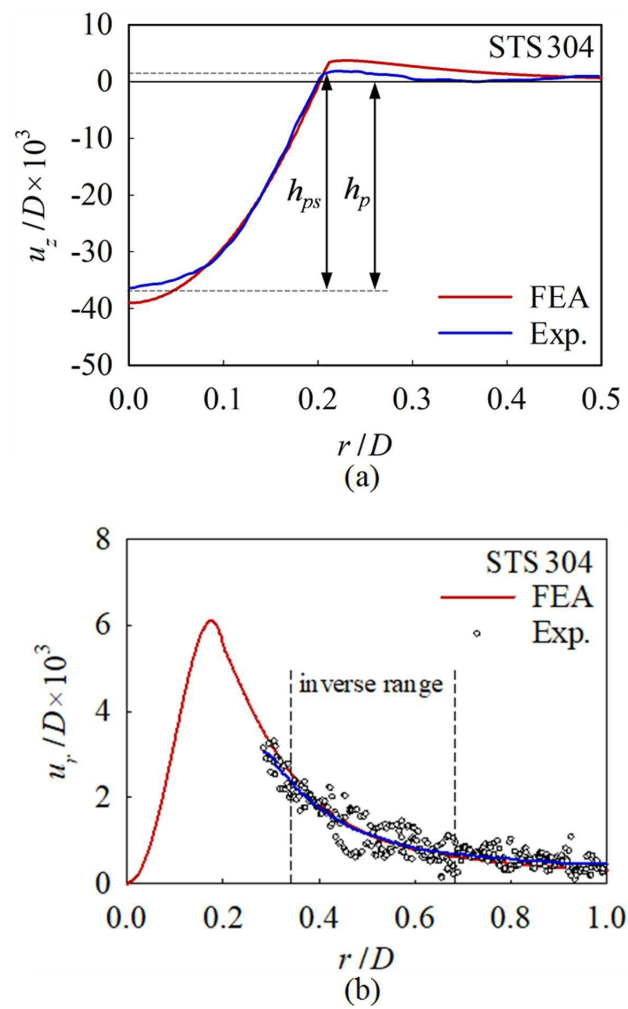
도면1



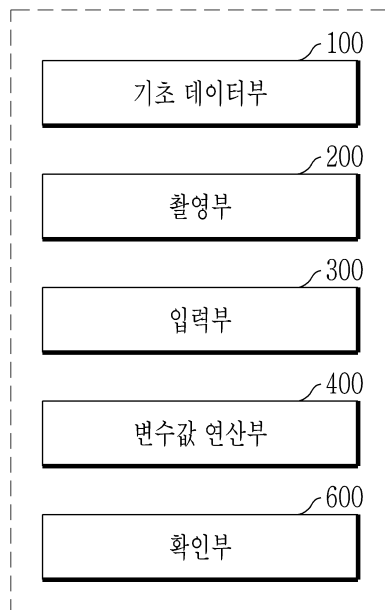
도면2



도면3



도면4



도면5

