

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2012-0131006 (43) 공개일자 2012년12월04일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) G01N 3/08 (2006.01) G01N 33/38 (2006.01)		(71) 출원인 고려대학교 산학협력단 서울 성북구 안암동5가 1
(21) 출원번호 10-2011-0049161		(72) 발명자 윤영수 서울특별시 강남구 도산대로101길 29, 청담현대3 차아파트 104동 1203호 (청담동)
(22) 출원일자 2011년05월24일 심사청구일자 2011년05월24일		민경환 광주광역시 광산구 왕버들로251번길 27, 호반베리 디움아파트 512동 1502호 (신창동)
		류두열 경기도 연천군 미산면 아미리 435번지 아미농장
		(74) 대리인 홍동우

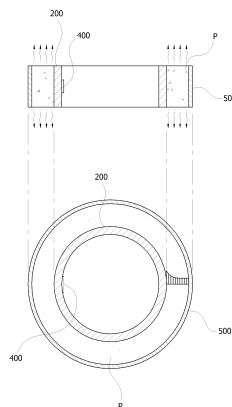
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 콘크리트 구속 수축 시험 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 콘크리트 구속 수축 시험 장치 및 방법에 관한 것으로, 콘크리트의 건조 수축에 대한 구속도를 증가시켜 건조 수축 과정에서 초기 균열을 유도하고, 콘크리트의 건조 수축 과정에서 균등건조수축을 유도함으로써, 일반 콘크리트 뿐만 아니라 섬유보강 콘크리트(FRC)에 대한 구속 수축 거동에 관한 시험 및 평가를 좀더 간편하고 원활하게 수행할 수 있고, 내부 및 외부 링 부재의 편심 배치를 통해 콘크리트 시편의 두께를 각각 다르게 형성하여 건조 수축함으로써, 두께 차이로 인해 발생하는 응력 집중 현상을 통해 구속도를 증가시켜 초기 균열을 유도할 수 있고, 아울러 두께 차이로 인해 하나의 콘크리트 시편에서 다양한 구속도를 형성시킬 수 있어 하나의 콘크리트 시편을 통해 다양한 구속도에 대한 구속 수축 거동 평가가 가능한 콘크리트 구속 수축 시험 장치 및 방법을 제공한다.

대표도 - 도3



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20100018894

부처명 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원_도약연구

연구과제명 FRP Composite을 활용한 구조물의 내폭 성능 향상 기술(4차년도)

주관기관 교육과학기술부

연구기간 2010.07.01 ~ 2011.06.30

특허청구의 범위

청구항 1

베이스 플레이트;

링 형태로 형성되어 상기 베이스 플레이트의 상면에 결합되는 내부 링 부재;

상기 내부 링 부재와의 사이에 콘크리트를 타설하여 링 형태의 콘크리트 시편을 기준 시간 동안 양생시킬 수 있도록 상기 내부 링 부재의 외주면과 이격되게 상기 베이스 플레이트의 상면에 결합되는 링 형태의 외부 링 부재;

상기 내부 링 부재의 내주면에 장착되어 상기 내부 링 부재의 변형률을 측정하는 스트레인 게이지; 및

상기 콘크리트 시편의 외주면에 접촉하도록 장착되어 상기 콘크리트 시편의 외주면에 대한 외부 노출을 차단하는 차단 부재

를 포함하고, 상기 베이스 플레이트 및 상기 외부 링 부재는 상기 콘크리트 시편으로부터 분리 이탈될 수 있도록 형성되며, 상기 콘크리트 시편은 상면 및 하면이 외부 노출되도록 형성되는 것을 특징으로 하는 콘크리트 구속 수축 시험 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 베이스 플레이트는 상기 콘크리트 시편과의 마찰이 감소되도록 상면에 별도의 마찰 방지 시트가 결합되는 것을 특징으로 하는 콘크리트 구속 수축 시험 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 외부 링 부재는

직경 방향의 축을 중심으로 서로 대칭되게 배치되어 결합되는 제 1 및 제 2 부재로 분리 형성되는 것을 특징으로 하는 콘크리트 구속 수축 시험 장치.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 콘크리트 시편의 제작을 위한 콘크리트는 섬유보강 콘크리트(FRC)로 적용되는 것을 특징으로 하는 콘크리트 구속 수축 시험 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 내부 링 부재는 강재로 적용되는 것을 특징으로 하는 콘크리트 구속 수축 시험 장치.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 내부 링 부재와 외부 링 부재는 각각의 중심이 서로 일치하지 않도록 편심되게 위치하는 것을 특징으로 하는 콘크리트 구속 수축 시험 장치.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 스트레인 게이지는 상기 외부 링 부재와의 이격 거리가 가장 짧게 형성되는 상기 내부 링 부재의 내주면에 장착되는 것을 특징으로 하는 콘크리트 구속 수축 시험 장치.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 스트레인 게이지는 상기 내부 링 부재의 내주면에 원주 방향을 따라 다수개 장착되는 것을 특징으로 하는 콘크리트 구속 수축 시험 장치.

청구항 9

베이스 플레이트를 준비하는 준비 단계;

서로 다른 직경을 갖는 링 형상의 내부 링 부재 및 외부 링 부재에 대해 상기 외부 링 부재가 상기 내부 링 부재의 외곽 둘레를 따라 이격되게 배치되도록 상기 내부 링 부재 및 외부 링 부재를 상기 베이스 플레이트의 상면에 결합하는 부재 결합 단계;

상기 내부 링 부재의 내주면에 스트레인 게이지를 장착하는 게이지 장착 단계;

상기 내부 링 부재와 외부 링 부재 사이 공간에 콘크리트를 타설하고 기준 시간 동안 양생하여 링 형상의 콘크리트 시편을 제작하는 양생 단계;

상기 양생 단계 후, 상기 베이스 플레이트와 외부 링 부재를 상기 콘크리트 시편으로부터 분리 이탈시키고, 상기 콘크리트 시편의 상면 및 하면이 외부 노출되고 상기 콘크리트 시편의 외주면이 외부 노출 차단되도록 상기 콘크리트 시편의 외주면에 차단 부재를 장착하는 차단 단계; 및

상기 차단 단계 후, 상기 스트레인 게이지의 측정값을 통해 상기 콘크리트 시편의 구속 수축 거동에 관한 정보를 산출하는 산출 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 콘크리트 구속 수축 시험 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 준비 단계는 상기 베이스 플레이트와 상기 콘크리트 시편과의 마찰이 감소되도록 상기 베이스 플레이트의 상면에 별도의 마찰 방지 시트를 결합하는 시트 결합 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 콘크리트 구속 수축 시험 방법.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 콘크리트 시편의 제작을 위한 콘크리트는 섬유보강 콘크리트(FRC)로 적용되는 것을 특징으로 하는 콘크리트 구속 수축 시험 방법.

청구항 12

제 9 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 부재 결합 단계는 상기 내부 링 부재 및 외부 링 부재를 각각의 중심이 서로 일치하지 않도록 상호 편심되게 배치하는 것을 특징으로 하는 콘크리트 구속 수축 시험 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 게이지 장착 단계는 상기 스트레인 게이지를 상기 외부 링 부재와의 이격 거리가 가장 짧게 형성되는 상기 내부 링 부재의 내주면에 장착하는 것을 특징으로 하는 콘크리트 구속 수축 시험 방법.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 게이지 장착 단계는 상기 스트레인 게이지를 상기 내부 링 부재의 내주면에 원주 방향을 따라 다수개 장착하는 것을 특징으로 하는 콘크리트 구속 수축 시험 방법.

명세서

기술분야

[0001]

본 발명은 콘크리트 구속 수축 시험 장치 및 방법에 관한 것이다. 보다 상세하게는 콘크리트의 건조 수축에 대한 구속도를 증가시켜 건조 수축 과정에서 초기 균열을 유도하고, 콘크리트의 건조 수축 과정에서 균등건조수축을 유도함으로써, 일반 콘크리트 뿐만 아니라 섬유보강 콘크리트(FRC)에 대한 구속 수축 거동에 관한 시험 및 평가를 좀더 간편하고 원활하게 수행할 수 있고, 내부 및 외부 링 부재의 편심 배치를 통해 콘크리트 시편의 두께를 각각 다르게 형성하여 건조 수축함으로써, 두께 차이로 인해 발생하는 응력 집중 현상을 통해 구속도를 증가시켜 초기 균열을 유도할 수 있고, 아울러 두께 차이로 인해 하나의 콘크리트 시편에서 다양한 구속도를 형성시킬 수 있어 하나의 콘크리트 시편을 통해 다양한 구속도에 대한 구속 수축 거동 평가가 가능한 콘크리트 구속 수축 시험 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002]

콘크리트는 타 건설재료에 비해 뛰어난 경제성을 나타내고, 역학적 성능 및 내구성이 우수하다. 그러나 중량대비 낮은 강도특성을 나타내고 취성적으로 파괴되는 등 여러 문제점을 포함하고 있으며, 이러한 한계점을 극복하기 위해 콘크리트에 다수의 섬유를 혼입하여 인장강도를 향상시킨 형태의 섬유보강 콘크리트(FRC: Fiber Reinforced Concrete)의 개발 및 실용화에 대한 연구가 국내외적으로 활발히 진행되고 있다. 특히, 최근에 개발된 초고성능 콘크리트(UHPC: Ultra-High Performance Concrete)의 경우 압축강도 200MPa, 휨인장강도 35MPa의 뛰어난 압축강도와 인성을 나타낸다.

[0003]

그러나 초고성능 콘크리트는 물-결합재비(W/B)가 낮고 고분말의 혼화재료를 사용함으로써 초기 자기수축이 크게 발생하고, 충분한 강도발현이 되지 않은 상태에서 초기에 발생하는 수축은 구조물에 균열을 유발하여 내구성 및 구조적 성능을 저하시킨다. 그러므로 초고성능 콘크리트를 실제 구조물에 적용하기 위해서는 구속 수축거동에 대한 정확한 이해와 평가가 필요하다.

[0004]

콘크리트의 수축이 구속될 경우 나타나는 거동은 수축 발현속도 및 크기, 구속도, 강도발현, 응력의 이완 등에 의해 영향을 받으며 매우 복잡하다. 그러므로 콘크리트의 강도발현과 크리프 특성 등을 고려할 수 없는 자유수축(자기수축, 건조수축, 온도수축 등) 실험만을 통해서만 균열 거동의 평가에 한계가 있다.

[0005] 국외의 경우 이러한 문제점을 인식하고, 1980년도 후반부터 일반 콘크리트 및 고강도 콘크리트의 구속 수축에 대한 실험연구를 수행해오고 있다. 반면에 국내에서는 아직 구속 수축에 대한 연구가 미비한 실정이다. 특히, 물-결합재비(W/B)가 낮은 고강도 콘크리트일수록 충분한 강도 발현이 되기 이전, 즉 타설 초기에 자기수축이 크게 나타나고 취성적인 파괴 거동을 보이기 때문에 구속 수축에 대한 실험연구가 반드시 수행되어야 한다.

[0006] 현재 국내외에서 일반적으로 수행하고 있는 구속 수축 시험 방법은 AASHTO, ASTM 등에서 제안한 링-테스트(ring-test)와 KS 및 JIS에서 제안하고 있는 건조 수축 균열 시험법이 있다. 하지만 이러한 시험법들은 일반강도 콘크리트(Normal concrete, NC)에 적합한 방법이며, 인장강도를 향상시킨 섬유보강 콘크리트에 적용할 경우 초기 균열유도가 어렵다는 문제점이 있다.

[0007] 콘크리트 수축의 구속에 의한 균열 거동은 구속도와 상당히 밀접하게 관련되어 있다. 따라서 구속 수축 시험 방법별 구속도 산정을 통하여 수축 구속에 의한 인장 균열을 발생시키는 구속도에 대한 평가가 가능하다. 일반적으로 링-테스트 균열 시험법을 기준으로, 콘크리트 링의 두께가 상대적으로 작고 수축이 균등하게 발생한다고 가정하면 콘크리트의 수축, $\epsilon_{sh}(t)$ 은 내부강재 링의 구속 변형률, $\epsilon_{st}(t)$ 과, 콘크리트의 탄성 변형률, $\epsilon_e(t)$ 과, 구속 응력에 의한 콘크리트의 크리프, $\epsilon_{cp}(t)$ 에 대한 합과 같다.

[0008]

$$\epsilon_{sh}(t) = \epsilon_{st}(t) + \epsilon_e(t) + \epsilon_{cp}(t)$$

[0009] 만약, 내부 강재 링에 의해 콘크리트가 완전히 구속된다고 가정하면, 이때 발생하는 구속 변형률, $\epsilon_r(t)$ 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[0010]

$$\epsilon_r(t) = \epsilon_e(t) + \epsilon_{cp}(t)$$

[0011] 따라서, 구속도(ψ)는 구속 변형률을 총 건조수축으로 나눈 것으로 다음과 같이 정의할 수 있다.

[0012]

$$\psi = \frac{\epsilon_r(t)}{\epsilon_{sh}(t)} = \frac{\epsilon_{sh}(t) - \epsilon_{st}(t)}{\epsilon_{sh}(t)} = 1 - \frac{\epsilon_{st}(t)}{\epsilon_{sh}(t)}$$

[0013] 이러한 구속도가 일정 정도 이상 유지되어야 링-테스트 및 건조 수축 균열 시험에 적용하여 수축 구속에 의한 균열 거동을 평가할 수 있는데, 초고성능 콘크리트에 대해서는 요구되는 구속도가 일반 콘크리트의 경우보다 더 크게 요구되므로, 종래의 일반적인 링-테스트 및 건조 수축 균열 시험에 적용한 경우 구속도의 부족으로 초기 균열 유도가 어려워 정상적인 구속 수축 시험이 불가능하고, 이에 따라 구속 수축 균열 거동의 평가에 한계가 있었다.

[0014] 또한, 종래의 일반적인 구속 수축 시험법은 다양한 구속도의 평가가 불가능하다는 점에서 시험 방법이 제한적이고, 또한 상대적으로 콘크리트의 두께가 두꺼워 부등건조수축이 발생하게 되고, 이를 고려한 재령별 인장응력을 산정하기 위해서는 두께별 상대습도를 측정해야하고 그 예측식이 매우 복잡해지게 되므로 시험 과정이 매우 어렵고 복잡하다는 문제가 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 본 발명은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해 발명한 것으로서, 본 발명의 목적은 콘크리트의 건조 수축에 대한 구속도를 증가시켜 건조 수축 과정에서 초기 균열을 유도하고, 콘크리트의 건조 수축 과정에서 균등건조수축을 유도함으로써, 일반 콘크리트 뿐만 아니라 초고성능 콘크리트(UHPC)와 같은 섬유보강 콘크리트에 대한 구속

수축 거동에 관한 시험 및 평가를 좀더 간편하고 원활하게 수행할 수 있는 콘크리트 구속 수축 시험 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

- [0016] 본 발명의 다른 목적은 내부 및 외부 링 부재의 편심 배치를 통해 콘크리트 시편의 두께를 각각 다르게 형성하여 건조 수축함으로써, 두께 차이로 인해 발생하는 응력 집중 현상을 통해 구속도를 증가시켜 초기 균열을 유도할 수 있고, 아울러 두께 차이로 인해 하나의 콘크리트 시편에서 다양한 구속도를 형성시킬 수 있어 하나의 콘크리트 시편을 통해 다양한 구속도에 대한 구속 수축 거동 평가가 가능한 콘크리트 구속 수축 시험 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0017] 본 발명은, 베이스 플레이트; 링 형태로 형성되어 상기 베이스 플레이트의 상면에 결합되는 내부 링 부재; 상기 내부 링 부재와의 사이에 콘크리트를 타설하여 링 형태의 콘크리트 시편을 기준 시간 동안 양생시킬 수 있도록 상기 내부 링 부재의 외주면과 이격되게 상기 베이스 플레이트의 상면에 결합되는 링 형태의 외부 링 부재; 상기 내부 링 부재의 내주면에 장착되어 상기 내부 링 부재의 변형률을 측정하는 스트레인 게이지; 및 상기 콘크리트 시편의 외주면에 접촉하도록 장착되어 상기 콘크리트 시편의 외주면에 대한 외부 노출을 차단하는 차단 부재를 포함하고, 상기 베이스 플레이트 및 상기 외부 링 부재는 상기 콘크리트 시편으로부터 분리 이탈될 수 있도록 형성되며, 상기 콘크리트 시편은 상면 및 하면이 외부 노출되도록 형성되는 것을 특징으로 하는 콘크리트 구속 수축 시험 장치를 제공한다.
- [0018] 이때, 상기 베이스 플레이트는 상기 콘크리트 시편과의 마찰이 감소되도록 상면에 별도의 마찰 방지 시트가 결합될 수 있다.
- [0019] 또한, 상기 외부 링 부재는 직경 방향의 축을 중심으로 서로 대칭되게 배치되어 결합되는 제 1 및 제 2 부재로 분리 형성될 수 있다.
- [0020] 또한, 상기 콘크리트 시편의 제작을 위한 콘크리트는 섬유보강 콘크리트(FRC)로 적용될 수 있다.
- [0021] 또한, 상기 내부 링 부재는 강재로 적용될 수 있다.
- [0022] 한편, 상기 내부 링 부재와 외부 링 부재는 각각의 중심이 서로 일치하지 않도록 편심되게 위치할 수 있다.
- [0023] 이때, 상기 스트레인 게이지는 상기 외부 링 부재와의 이격 거리가 가장 짧게 형성되는 상기 내부 링 부재의 내주면에 장착될 수 있다.
- [0024] 또한, 상기 스트레인 게이지는 상기 내부 링 부재의 내주면에 원주 방향을 따라 다수개 장착될 수 있다.
- [0025] 한편, 본 발명은, 베이스 플레이트를 준비하는 준비 단계; 서로 다른 직경을 갖는 링 형상의 내부 링 부재 및 외부 링 부재에 대해 상기 외부 링 부재가 상기 내부 링 부재의 외곽 둘레를 따라 이격되게 배치되도록 상기 내부 링 부재 및 외부 링 부재를 상기 베이스 플레이트의 상면에 결합하는 부재 결합 단계; 상기 내부 링 부재의 내주면에 스트레인 게이지를 장착하는 게이지 장착 단계; 상기 내부 링 부재와 외부 링 부재 사이 공간에 콘크리트를 타설하고 기준 시간 동안 양생하여 링 형상의 콘크리트 시편을 제작하는 양생 단계; 상기 양생 단계 후, 상기 베이스 플레이트와 외부 링 부재를 상기 콘크리트 시편으로부터 분리 이탈시키고, 상기 콘크리트 시편의 상면 및 하면이 외부 노출되고 상기 콘크리트 시편의 외주면이 외부 노출 차단되도록 상기 콘크리트 시편의 외주면에 차단 부재를 장착하는 차단 단계; 및 상기 차단 단계 후, 상기 스트레인 게이지의 측정값을 통해 상기 콘크리트 시편의 구속 수축 거동에 관한 정보를 산출하는 산출 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 콘크리트 구속 수축 시험 방법을 제공한다.
- [0026] 이때, 상기 준비 단계는 상기 베이스 플레이트와 상기 콘크리트 시편과의 마찰이 감소되도록 상기 베이스 플레이트의 상면에 별도의 마찰 방지 시트를 결합하는 시트 결합 단계를 포함할 수 있다.
- [0027] 또한, 상기 콘크리트 시편의 제작을 위한 콘크리트는 섬유보강 콘크리트(FRC)로 적용될 수 있다.
- [0028] 또한, 상기 부재 결합 단계는 상기 내부 링 부재 및 외부 링 부재를 각각의 중심이 서로 일치하지 않도록 상호 편심되게 배치할 수 있다.
- [0029] 또한, 상기 게이지 장착 단계는 상기 스트레인 게이지를 상기 외부 링 부재와의 이격 거리가 가장 짧게 형성되

는 상기 내부 링 부재의 내주면에 장착할 수 있다.

[0030] 또한, 상기 게이지 장착 단계는 상기 스트레인 게이지를 상기 내부 링 부재의 내주면에 원주 방향을 따라 다수 개 장착할 수 있다.

발명의 효과

[0031] 본 발명에 의하면, 콘크리트 시편에 대한 반경 방향 두께 및 상하 방향 두께를 감소시키고, 콘크리트 시편의 외주면을 외부 노출 차단하고 상면 및 하면을 외부 노출되게 함으로써, 콘크리트의 건조 수축에 대한 구속도를 증가시켜 건조 수축 과정에서 초기 균열을 유도하고, 콘크리트의 건조 수축 과정에서 균등건조수축을 유도함으로써, 일반 콘크리트 뿐만 아니라 초고성능 콘크리트(UHPC)와 같은 섬유보강 콘크리트에 대한 구속 수축 거동에 관한 시험 및 평가를 좀더 간편하고 원활하게 수행할 수 있는 효과가 있다.

[0032] 또한, 내부 및 외부 링 부재의 편심 배치를 통해 콘크리트 시편의 두께를 각각 다르게 형성하여 건조 수축함으로써, 두께 차이로 인해 발생하는 응력 집중 현상을 통해 구속도를 증가시켜 초기 균열을 유도할 수 있고, 아울러 두께 차이로 인해 하나의 콘크리트 시편에서 다양한 구속도를 형성시킬 수 있어 하나의 콘크리트 시편을 통해 다양한 구속도에 대한 구속 수축 거동 평가를 수행할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0033] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 콘크리트 구속 수축 시험 장치의 구성을 개략적으로 도시한 사시도,
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 콘크리트 구속 수축 시험 장치를 통한 시험 동작 상태를 개략적으로 도시한 사시도,
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 콘크리트 구속 수축 시험 장치를 통한 시험 동작 원리를 개념적으로 도시한 도면,
 도 4는 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 콘크리트 구속 수축 시험 장치의 구성을 개략적으로 도시한 평면도,
 도 5는 도 4에 도시된 콘크리트 구속 수축 시험 장치를 통한 시험 동작 상태를 개념적으로 도시한 도면,
 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 콘크리트 구속 수축 시험 방법에 대한 동작 흐름을 단계적으로 도시한 동작 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0034] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면들을 참조하여 상세히 설명한다. 우선 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.

[0035] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 콘크리트 구속 수축 시험 장치의 구성을 개략적으로 도시한 사시도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 콘크리트 구속 수축 시험 장치를 통한 시험 동작 상태를 개략적으로 도시한 사시도이고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 콘크리트 구속 수축 시험 장치를 통한 시험 동작 원리를 개념적으로 도시한 도면이다.

[0036] 본 발명의 일 실시예에 따른 콘크리트 구속 수축 시험 장치는 콘크리트 수축에 대한 구속도를 향상시켜 섬유보강 콘크리트에 대한 구속 수축 시험이 가능한 장치로서, 베이스 플레이트(100), 내부 링 부재(200), 외부 링 부재(300), 스트레인 게이지(400) 및 차단 부재(500)를 포함하여 구성된다.

[0037] 베이스 플레이트(100)는 단순한 평판형으로 형성되며 목재를 이용하여 제작될 수 있다. 이러한 베이스 플레이트(100)의 상면에는 내부 링 부재(200)와 외부 링 부재(300)가 결합되고, 내부 링 부재(200)와 외부 링 부재(300) 사이 공간을 통해 베이스 플레이트(100)의 상면으로 콘크리트가 타설되어 기준 시간 동안 양생되며 콘크리트 시

편(P)이 제작된다. 따라서, 베이스 플레이트(100)는 내부 링 부재(200) 및 외부 링 부재(300)와 함께 일종의 거푸집으로서 기능하는데, 이때, 베이스 플레이트(100)의 상면에 타설되는 콘크리트에 대해 마찰에 의한 구속이 방지될 수 있도록 베이스 플레이트(100)의 상면에는 별도의 마찰 방지 시트(110)가 결합되는 것이 바람직하다.

[0038] 이러한 마찰 방지 시트(110)는 예를 들면, 마찰 계수가 낮은 테프론 시트가 사용될 수 있으며, 이를 통해 베이스 플레이트(100)와 콘크리트 시편(P)과의 마찰이 감소되어 콘크리트 구속 수축 시험에 있어서 마찰에 의한 구속이 최소화되므로 더욱 정확한 구속 수축 시험이 가능하다.

[0039] 내부 링 부재(200)와 외부 링 부재(300)는 모두 링 형태로 형성되어 베이스 플레이트(100)의 상면에 결합되는데, 외부 링 부재(300)의 직경이 내부 링 부재(200)의 직경보다 더 크게 형성되어 외부 링 부재(300)가 내부 링 부재(200)의 외곽 둘레를 이격되게 감싸는 형태로 배치된다. 즉, 외부 링 부재(300)의 내주면이 내부 링 부재(200)의 외주면과 이격되어 그 사이 공간으로 링 형태의 콘크리트 시편(P) 제작을 위한 콘크리트가 타설될 수 있도록 배치된다.

[0040] 내부 링 부재(200)와 외부 링 부재(300)의 사이 공간으로 타설된 콘크리트는 기준 시간 동안, 예를 들면, 약 24 시간 동안 양생되며 일정 정도의 강도를 갖는 콘크리트 시편(P)으로 제작된다. 이때, 콘크리트 시편 제작을 위해 타설되는 콘크리트는 일반 콘크리트로 적용될 수도 있지만, 본 발명의 일 실시예에 따라 섬유보강 콘크리트(FRC)가 적용될 수 있고, 본 발명은 이러한 섬유보강 콘크리트에 대한 구속 수축 시험을 정확하게 수행할 수 있다.

[0041] 이때, 콘크리트가 기준 시간 동안 양생되며 콘크리트 시편(P)이 제작되는 과정에서, 콘크리트 시편(P)은 내부 링 부재(200)와 결합되며 양생되고, 이와 같이 기준 시간 동안 양생된 이후에는 외부 링 부재(300)는 콘크리트 시편(P)으로부터 분리 제거된다. 따라서, 내부 링 부재(200)는 도 1에 도시된 바와 같이 단순 링 형상의 하나의 부재로 일체형으로 형성되지만, 외부 링 부재(300)는 링 형상의 콘크리트 시편(P)으로부터 분리 제거될 수 있도록 직경 방향의 축을 중심으로 서로 대칭되게 배치되어 결합되는 반원 형상의 제 1 및 제 2 부재(301,302)로 분리 형성되는 것이 바람직하다.

[0042] 이와 같이 외부 링 부재(300)를 구성하는 제 1 및 제 2 부재(301,302)가 반원 형태로 형성되기 때문에, 외부 링 부재(300)는 도 2에 도시된 바와 같이 링 형상의 콘크리트 시편(P)으로부터 콘크리트 시편(P)에 대한 손상없이 용이하게 분리 제거될 수 있다. 또한, 이와 같은 제 1 및 제 2 부재(301,302)의 양측단부에는 각각 서로 대응되며 결합될 수 있도록 플랜지부(301a,302a)가 형성되며, 이러한 플랜지부(301a,302a)를 결합 볼트(T)를 통해 결합함으로써, 제 1 및 제 2 부재(301,302)가 링 형상으로 결합되도록 구성될 수 있다.

[0043] 이때, 실제 건축 현장에서 콘크리트의 수축을 구속하는 요인인 거푸집, 보강근 등의 재료로서 강재가 사용된다. 점을 고려하여 내부 링 부재(200) 및 외부 링 부재(300)는 실제 현장과 동일한 재질, 즉 강재로 적용되는 것이 바람직하다. 그러나, 본 발명의 일 실시예에 따라 내부 링 부재(200)가 콘크리트와 결합되어 양생되지만, 외부 링 부재(300)는 기준 시간 동안의 양생 이후 분리 제거되므로, 콘크리트의 수축을 구속하는 요인으로 크게 작용하지 않는다. 따라서, 내부 링 부재(200)는 실제 건축 현장과 마찬가지로 강재로 적용하며, 외부 링 부재(300)는 여러 번 사용할 수 있도록 강재 등을 이용하여 간편하게 제작하되 두께는 얇게 하여 용이하게 제거될 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

[0044] 한편, 내부 링 부재(200)는 내주면에 별도의 결합구(210)가 장착되고 이러한 결합구(210)를 별도의 결합 볼트(T)를 통해 베이스 플레이트(100)의 상면에 결합하는 방식으로 베이스 플레이트(100)에 결합될 수 있으며, 외부 링 부재(300)는 제 1 및 제 2 부재(301,302)의 외주면 하단부에 각각 별도의 결합구(310)가 장착되고, 이러한 결합구(310)를 별도의 결합 볼트(T)를 통해 베이스 플레이트(100)의 상면에 결합하는 방식으로 베이스 플레이트(100)에 결합될 수 있다. 따라서, 타설된 콘크리트가 기준 시간 동안 양생되어 콘크리트 시편(P)으로 제작되면, 결합 볼트(T)를 체결 해제함으로써, 내부 링 부재(200)와 외부 링 부재(300)를 베이스 플레이트(100)로부터 분리 이탈시킬 수 있고, 이에 따라 내부 링 부재(200)와 결합되는 콘크리트 시편(P)은 하면이 베이스 플레이트(100)로부터 이탈되어 외부 노출된 상태로 유지될 수 있으며, 물론, 이 경우 콘크리트 시편(P)의 상면은 베이스 플레이트(100)와 결합 여부와 무관하게 항상 외부 노출된 상태로 유지될 수 있다.

[0045] 스트레인 게이지(400)는 내부 링 부재(200)의 변형률을 측정할 수 있도록 내부 링 부재(200)의 내주면에 장착된다. 즉, 콘크리트 시편(P)이 내부 링 부재(200)와 결합되며 양생되므로, 양생 기간에 따른 콘크리트 시편(P)의 수축 현상에 의해 내부 링 부재(200)에 하중이 작용하여 변형이 발생하게 되고, 스트레인 게이지(400)는 이러한 내부 링 부재(200)의 변형률을 측정할 수 있도록 내부 링 부재(200)의 내주면에 장착된다.

- [0046] 차단 부재(500)는 전술한 바와 같이 기준 시간 동안 양생된 콘크리트 시편(P)으로부터 외부 링 부재(300)가 분리 제거된 후, 콘크리트 시편(P)의 외주면에 접촉하도록 장착된다. 이러한 차단 부재(500)에 의해 콘크리트 시편(P)의 외주면은 외부 노출이 차단된 상태로 유지된다. 이러한 차단 부재(500)는 콘크리트 시편(P)의 외부 노출을 차단하여 콘크리트 시편(P)으로부터 외주면을 통한 수분 이동을 차단하는 것으로, 실리콘 및 알루미늄 테이프를 사용하여 제작될 수 있다.
- [0047] 이러한 구조에 따라 본 발명의 일 실시예에 따른 콘크리트 구속 수축 시험 장치는 베이스 플레이트(100)와, 내부 링 부재(200) 및 외부 링 부재(300)를 통해 링 형태의 콘크리트 시편(P)을 기준 시간 동안 양생한 후, 베이스 플레이트(100) 및 외부 링 부재(300)를 콘크리트 시편(P)으로부터 분리 이탈시키고, 콘크리트 시편(P)의 외주면에 차단 부재(500)를 장착함으로써, 콘크리트 시편(P)의 상면 및 하면이 외부 노출되도록 하는 방식으로 콘크리트 시편(P)에 대한 구속 수축 시험을 수행한다.
- [0048] 일반적으로 섬유보강 콘크리트의 수축은 종래 기술에서 설명한 바와 같이 거푸집, 보강근 등에 의해 구속되어 구조물에 균열을 유발하여 내구 수명과 구조적 성능을 저하시킨다. 따라서, 콘크리트의 수축 균열을 방지하고 실제 구조물에 적용하기 위해서는 구속 수축 시험을 토대로 다양한 구속도에서의 균열 거동에 대한 평가를 수행하고, 균열을 유발하는 최소 구속도를 산정하는 방식 등으로 구속 수축 시험이 수행된다. 이러한 평가 및 분석 방법은 일반적인 콘크리트 구속 수축 시험 방법을 통해 다양한 방식으로 수행되고 있으므로, 이에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0049] 본 발명의 일 실시예에 따른 콘크리트 구속 수축 시험 장치는 도 3에 도시된 바와 같이 콘크리트 시편(P)의 상면 및 하면을 통해서만 외부와의 수분 이동이 가능하도록 함으로써, 콘크리트 시편(P)의 반경 방향으로의 수분 이동이 방지되어 상대적으로 균등 건조수축이 가능하며, 또한, 콘크리트 시편(P)이 내부 링 부재(200)에만 결합된 상태로 유지되므로, 도 3의 응력 분포 곡선에서와 같이 내부 링 부재(200)와 콘크리트 시편(P)과의 접촉면에서 콘크리트 시편(P)의 최대 인장 응력이 발생하게 된다. 이때, 내부 링 부재(200)의 내주면에 장착된 스트레인 게이지(400)를 통해 내부 링 부재(200)의 구속 변형률을 측정할 수 있고, 이를 통해 구속도를 산정할 수 있다.
- [0050] 한편, 이 경우, 내부 링 부재(200)의 높이를 상대적으로 작게 하는 것이 바람직하다. 즉, 콘크리트 시편(P)은 상하면이 외부 노출되어 건조 수축이 일어나게 되므로, 상하 방향으로의 두께가 상대적으로 얇게 형성되어 균등 건조 수축이 유도되도록 하는 것이 바람직하며, 예를 들면, 내부 링 부재(200) 및 이를 통한 콘크리트 시편(P)의 두께를 70mm 이하로 하는 것이 바람직하다. 이러한 구조를 통해 비교적 간단한 식을 통하여 인장 응력을 예측할 수 있고, 별도의 강도 실험 결과와 비교하여 균열 발생 시점에 대한 예측과 평가가 가능할 것이다.
- [0051] 또한, 종래 기술에 따른 일반적인 콘크리트 구속 수축 시험 장치에서는 섬유보강 콘크리트(FRC)에 대해 구속도가 크지 않아 초기 균열을 유도할 수가 없고, 이에 따라 정확한 구속 수축 시험을 수행할 수가 없었는데, 본 발명의 일 실시예에 따른 콘크리트 구속 수축 시험 장치는 콘크리트 시편(P)의 상하면이 외부 노출되는 구조에 따라 내부 링 부재(200)와 콘크리트 시편(P)의 접촉면에서 최대 응력이 발생하도록 유도되므로, 인장응력 예측이 용이해져 신뢰성을 확보함과 동시에 보다 신속하고 간결한 구속 수축 시험을 실행할 수 있다.
- [0052] 이때, 구속도의 증가를 위해 내부 링 부재(200)와 외부 링 부재(300)의 이격 거리, 즉, 콘크리트 시편(P)의 반경 방향 두께를 상대적으로 작게 하는 것이 바람직하다. 다만, 타설하는 콘크리트의 종류에 따라 굵은 골재의 최대 치수, 섬유의 길이를 고려하여 굵은 골재의 최대 치수 및 섬유의 길이보다 더 큰 범위에서 내부 링 부재(200)와 외부 링 부재(300)의 이격 거리를 조절하는 것이 바람직하다. 예를 들면, 초고성능 콘크리트(UHPC)와 같은 섬유보강 콘크리트를 적용할 경우 13mm 길이의 강섬유를 혼입하고 있으며, 따라서 내부 링 부재(200)와 외부 링 부재(300)의 이격 거리는 섬유의 길이보다는 크고, 초기 수축균열의 유도가 가능한 약 40mm 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0053] 이와 같이 내부 링 부재(200)와 외부 링 부재(300)의 이격 거리를 감소시킴에 따라 콘크리트 수축에 대한 구속도가 증가하게 되고, 이에 따라 초기 균열을 유도할 수 있을 뿐만 아니라, 재령별 최대 인장응력의 예측식을 간략화할 수 있으며, 이는 스트레인 게이지(400)를 통한 내부 링 부재(200)의 변형률을 측정함으로써, 용이하게 산출할 수 있다. 이러한 예측식은 다음과 같이 표현된다.

$$\sigma_t = \frac{r_{ict} t_{st}}{r_{ist} t_c} E_{st} \epsilon_{st}$$

[0054]

- [0055] 여기서, r_{is} , r_{ic} 는 각각 내부 링 부재(200)와 콘크리트 시편(P)의 내부 반경이며, ϵ_{st} , E_{st} 는 각각 내부 링 부재(200)의 구속 변형률 및 탄성 계수를 나타낸다.
- [0056] 도 4는 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 콘크리트 구속 수축 시험 장치의 구성을 개략적으로 도시한 평면도이고, 도 5는 도 4에 도시된 콘크리트 구속 수축 시험 장치를 통한 시험 동작 상태를 개념적으로 도시한 도면이다.
- [0057] 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 콘크리트 구속 수축 시험 장치는 도 4에 도시된 바와 같이 내부 링 부재(200)와 외부 링 부재(300)가 각각 그 중심이 서로 일치하지 않도록 편심되게 배치될 수 있다.
- [0058] 즉, 내부 링 부재(200)의 중심(C1)과 외부 링 부재(300)의 중심(C2)이 e 거리만큼 서로 편심되게 위치함으로써, 내부 링 부재(200)와 외부 링 부재(300)의 이격 거리 d는 모든 지점에서 각각 다르게 형성된다. 따라서, 이러한 내부 링 부재(200)와 외부 링 부재(300)의 배치에 의해 형성되는 콘크리트 시편(P)은 도 5에 도시된 바와 같이 반경 방향의 두께가 각각 서로 다르게 형성된다.
- [0059] 이와 같이 내부 링 부재(200)와 외부 링 부재(300)의 편심 배치에 따라 형성되는 콘크리트 시편(P)은 그 반경 방향 두께 차이로 인해 상대적으로 두께가 얇은 단면을 갖는 부분에서 응력 집중 현상이 발생하게 되고, 이에 따라 구속도가 증가하여 초기 균열을 유도할 수 있다. 이때, 스트레인 게이지(400)는 응력 집중 현상이 최대로 발생하는 지점에 위치하는 것이 바람직하다. 즉, 도 4에 도시된 바와 같이 외부 링 부재(300)와의 이격 거리가 가장 짧게 형성되는 내부 링 부재(200)의 내주면에 장착되는 것이 바람직하다.
- [0060] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 콘크리트 구속 수축 시험 장치는 종래 기술과 달리 이러한 편심 배치에 의한 응력 집중 현상을 발생시킴으로써, 콘크리트의 건조 수축에 대한 구속도를 증가시켜 초기 균열을 유도할 수 있으므로, 섬유보강 콘크리트(FRC)에 대한 균열 거동을 원활하게 평가할 수 있다.
- [0061] 한편, 이러한 내부 링 부재(200)와 외부 링 부재(300)의 편심 배치에 따라 콘크리트 시편(P)의 두께는 둘레를 따라 각각 다르게 형성되는데, 이와 같이 콘크리트 시편(P)의 두께가 지점에 따라 모두 다르기 때문에, 각 지점에서의 응력 집중 현상이 달라 그로 인한 구속도가 모두 다르게 나타난다. 따라서, 도 5에 도시된 바와 같이 스트레인 게이지(400)를 내부 링 부재(200)의 원주 방향을 따라 다수개 장착하고, 각 지점에서 서로 다른 다양한 구속도에 대한 평가가 가능하다.
- [0062] 즉, 도 5에 도시된 바와 같이 d1 내지 d8 지점에 대응되는 위치에 각각 스트레인 게이지(400)를 장착하고, 각 지점에서는 각각 그 두께가 다르기 때문에 각각 그 구속도가 다르게 산출되고, 이러한 구속도에 따른 균열 거동을 각각의 지점에서 각각 평가할 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 콘크리트 구속 수축 시험 장치는 하나의 장치를 통해 다양한 구속도에 대한 평가를 동시에 수행할 수 있어 콘크리트에 대한 구속 수축 시험을 더욱 간편하게 수행할 수 있다.
- [0063] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 콘크리트 구속 수축 시험 방법에 대한 동작 흐름을 단계적으로 도시한 동작 흐름도이다.
- [0064] 본 발명은 이상에서 설명한 콘크리트 구속 수축 시험 장치를 이용하여 섬유보강 콘크리트(FRC)에 대한 구속 수축 시험을 원활하게 수행할 수 있는 콘크리트 구속 수축 시험 방법을 제공하는데, 이는 도 6에 도시된 바와 같이 준비 단계(S1), 부재 결합 단계(S2), 게이지 장착 단계(S3), 콘크리트 타설 단계(S4), 양생 단계(S5), 차단 단계(S6) 및 정보 산출 단계(S7)를 포함하여 구성된다. 각 단계별 수행 방법에 대해서는 도 1 내지 도 5에 대한 설명에서 설명한 바와 동일하므로, 여기에서는 중복 방지를 위해 간략하게 설명한다.
- [0065] 본 발명의 일 실시예에 따른 콘크리트 구속 수축 시험 방법은 먼저 베이스 플레이트(100)를 준비하는 준비 단계(S1)로부터 시작되는데, 이때, 베이스 플레이트(100)는 목재판으로 제작할 수 있으며, 준비 단계(S1)에서는 베이스 플레이트(100)와 콘크리트 시편(P)과의 마찰이 감소되도록 베이스 플레이트(100)의 상면에 별도의 마찰 방지 시트(110)를 결합하는 시트 결합 단계(S1-1)를 더 수행할 수 있다.
- [0066] 준비 단계(S1) 이후에는 베이스 플레이트(100)의 상면에 서로 다른 직경을 갖는 링 형상의 내부 링 부재(200) 및 외부 링 부재(300)를 결합하는 부재 결합 단계(S2)를 수행한다. 이때, 외부 링 부재(300)가 내부 링 부재

(200)의 외곽 둘레를 따라 이격되게 배치되도록 결합하며, 내부 링 부재(200)와 외부 링 부재(300) 사이 공간으로 일반 콘크리트 또는 섬유보강 콘크리트(FRC)가 타설되어 기준 시간 동안 양생될 수 있도록 형성된다. 이때, 내부 링 부재(200)와 외부 링 부재(300)는 도 1에 도시된 바와 같이 서로 동심원을 이루도록 배치될 수도 있으나, 도 4에 도시된 바와 같이 그 중심이 서로 일치하지 않도록 편심되게 배치될 수도 있다.

[0067] 게이지 장착 단계(S3)는 내부 링 부재(200)의 내주면에 스트레인 게이지(400)를 장착하는 단계로서, 내부 링 부재(200)를 베이스 플레이트(100)에 결합하는 부재 결합 단계(S2) 이후에 수행될 수도 있고, 내부 링 부재(200)를 베이스 플레이트(100)에 결합하기 전에 미리 스트레인 게이지(400)를 장착하는 방식으로 수행될 수도 있다. 이때, 스트레인 게이지(400)는 하나 또는 다수개 장착될 수 있으며, 내부 링 부재(200)와 외부 링 부재(300)가 도 4에 도시된 바와 같이 편심되게 배치된 경우, 하나의 스트레인 게이지(400)를 외부 링 부재(300)와의 이격 거리가 가장 짧게 형성되는 내부 링 부재(200)의 내주면에 장착하거나 또는 다수개의 스트레인 게이지(400)를 내부 링 부재(200)의 내주면에 원주 방향을 따라 다수개 장착할 수도 있다.

[0068] 콘크리트 타설 단계(S4) 및 양생 단계(S5)는 내부 링 부재(200)와 외부 링 부재(300)가 베이스 플레이트(100)에 결합된 상태에서, 내부 링 부재(200)와 외부 링 부재(300)의 사이 공간에 콘크리트를 타설하고 기준 시간 동안, 예를 들면 24시간 동안 양생하여 링 형상의 콘크리트 시편(P)을 제작하는 단계이다.

[0069] 이러한 양생 단계(S5) 이후에는 베이스 플레이트(100)와 외부 링 부재(300)를 콘크리트 시편(P)으로부터 분리 이탈시키고, 콘크리트 시편(P)의 상면 및 하면이 외부 노출되고 콘크리트 시편(P)의 외주면이 외부 노출 차단되도록 콘크리트 시편(P)의 외주면에 차단 부재(500)를 장착하는 차단 단계(S6)를 수행한다.

[0070] 이와 같이 차단 단계(S6)가 수행되어 콘크리트 시편(P)의 상면 및 하면이 외부 노출된 상태로 유지되면, 콘크리트 시편(P)에서 계속적으로 수분이 상면 및 하면을 통해 외부로 이동하며 건조 수축되고, 이러한 건조 수축 과정에서 내부 링 부재(200)에 의해 수축 구속된다.

[0071] 이와 같은 차단 단계(S6) 이후에는 콘크리트 시편의 건조 수축 과정에서 산출 단계(S7)가 수행되며, 콘크리트 시편(P)의 구속 수축 거동에 관한 다양한 정보를 산출한다. 예를 들면, 건조 수축 과정에서 스트레인 게이지(400)의 측정값을 통해 내부 링 부재(200)의 구속 변형률을 측정하여 구속도를 산출할 수 있고, 또한 이로부터 콘크리트 시편(P)의 재령별 인장 응력이나 또는 강도실험 결과와 비교하여 균열 발생 시점에 대한 예측과 평가가 가능하다. 또한, 도 4와 같이 내부 링 부재(200)와 외부 링 부재(300)를 편심 배치한 경우에는 이를 통해 형성된 하나의 콘크리트 시편(P)을 통해 다양한 구속도에 대한 구속 수축 거동 평가가 가능하다.

[0072] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

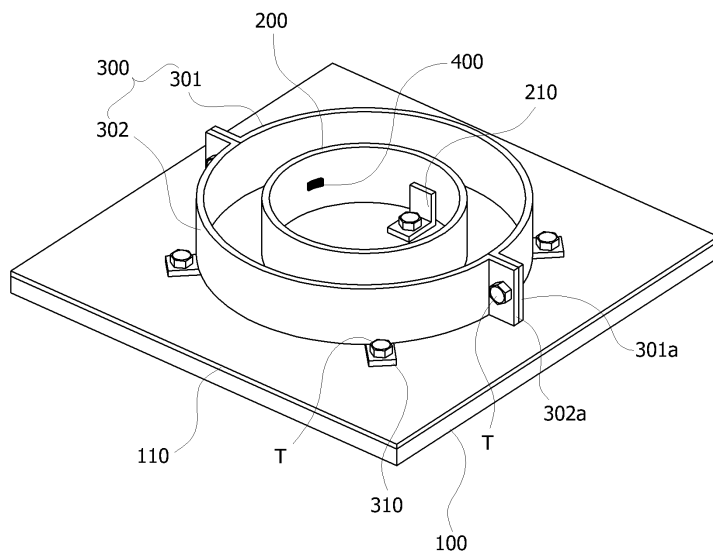
부호의 설명

[0073]

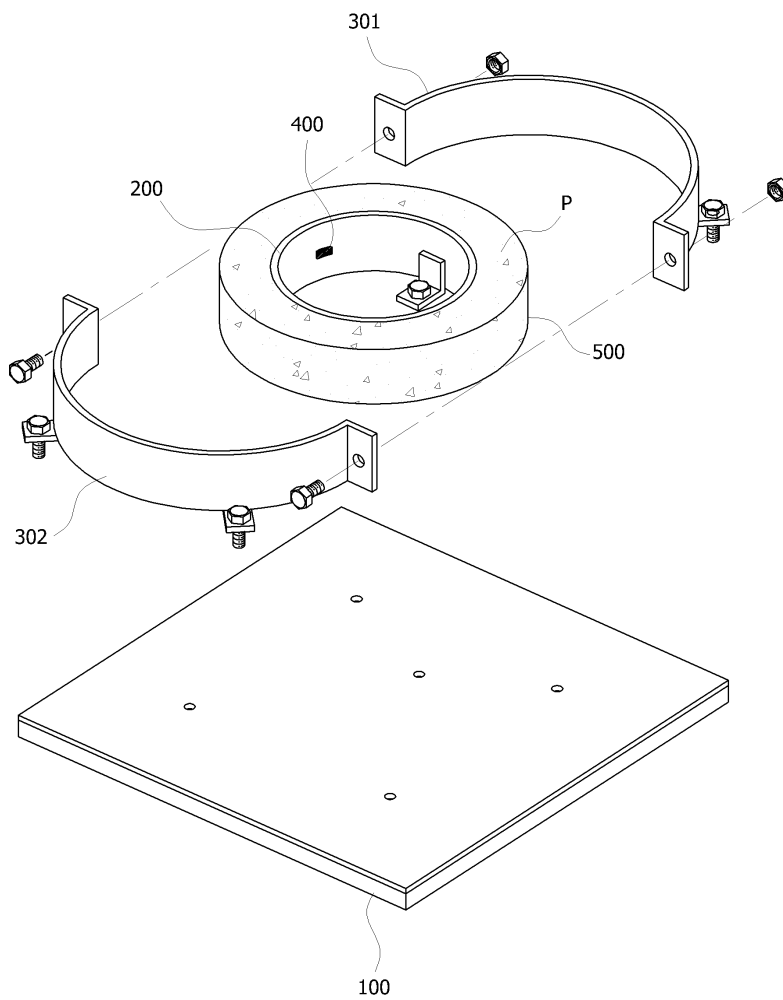
100: 베이스 플레이트	110: 마찰 방지 시트
200: 내부 링 부재	300: 외부 링 부재
400: 스트레인 게이지	500: 차단 부재

도면

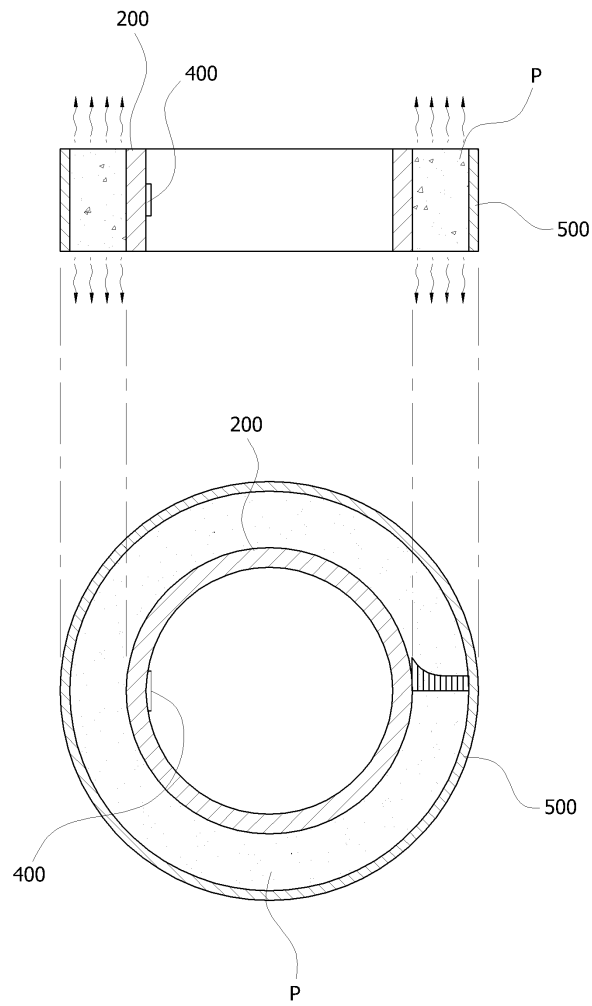
도면1



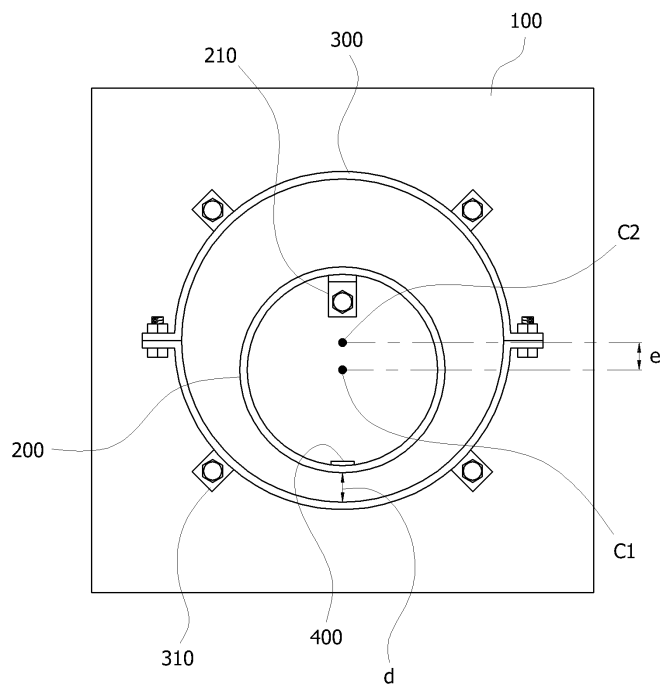
도면2



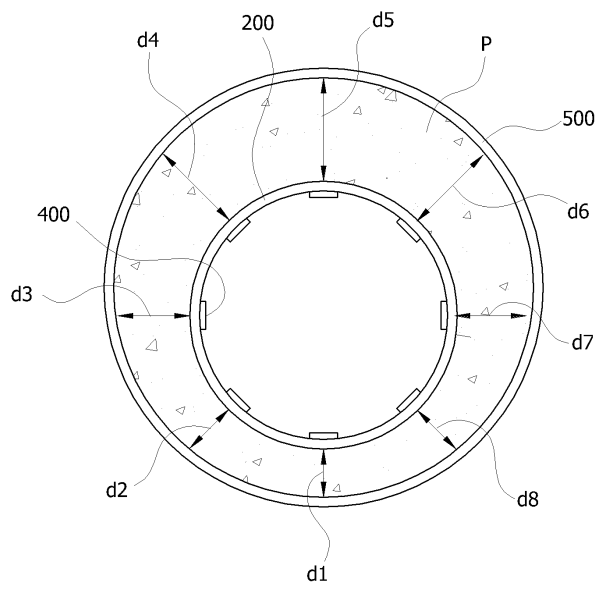
도면3



도면4



도면5



도면6

