



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년11월03일
(11) 등록번호 10-2173616
(24) 등록일자 2020년10월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
E01D 2/00 (2006.01) E01D 101/28 (2006.01)
(52) CPC특허분류
E01D 2/00 (2013.01)
E01D 2101/285 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0017495
(22) 출원일자 2020년02월13일
심사청구일자 2020년02월13일
(56) 선행기술조사문헌
KR101341709 B1*
KR1020030037258 A*
KR1020080087250 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
김승역
서울특별시 광진구 능동로 209, 세종대학교 층무관 713호(군자동)
윤원태
서울특별시 용산구 원효로53가길 27(용문동)
(74) 대리인
유병욱, 한승범

전체 청구항 수 : 총 10 항

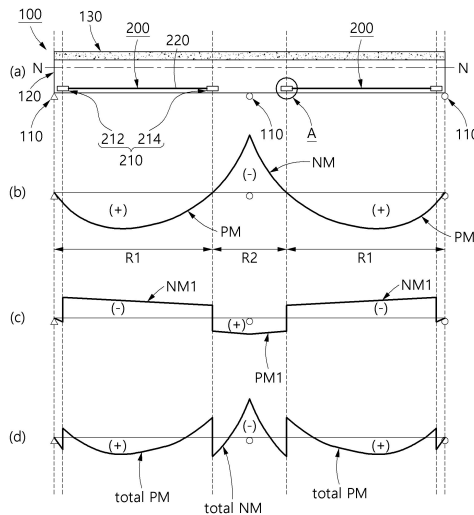
심사관 : 이재욱

(54) 발명의 명칭 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 구조 및 프리스트레싱 설계 방법

(57) 요약

본 발명의 실시예에 따른 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 구조는, 교각 또는 교대와 같은 지점부에 거치되어 교량 슬래브가 상면부에 마련되는 합성 거더를 포함하는 합성 연속교, 및 상기 합성 거더의 정모멘트 구간 또는 부모멘트 구간 중 상기 정모멘트 구간에 마련되되 상기 합성 거더의 중립축보다 하측에 위치된 상기 합성 거더의 하부에 마련되어 프리스트레싱을 제공하는 프리스트레싱 기구를 포함한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711083166
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	화이버 요소를 활용한 강-콘크리트 합성구조의 스마트 설계
기여율	1/2
과제수행기관명	세종대학교
연구기간	2019.03.01 ~ 2021.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711098192
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	집단연구지원(R&D)
연구과제명	디지털 트윈을 활용한 케이블 교량 상태평가 기초연구실
기여율	1/2
과제수행기관명	세종대학교
연구기간	2019.09.01 ~ 2022.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

교각 또는 교대와 같은 지점부에 거치되어 교량 슬래브가 상면부에 마련되는 합성 거더를 포함하는 합성 연속교; 및

상기 합성 거더의 정모멘트 구간 또는 부모멘트 구간 중 상기 정모멘트 구간에 마련되며, 상기 합성 거더의 중립축보다 하측에 위치한 상기 합성 거더의 하부에 마련되어 프리스트레스를 제공하는 프리스트레스 기구;를 포함하고,

상기 프리스트레스 기구는, 상기 합성 거더의 하부에 상기 합성 거더의 길이 방향으로 서로 이격되게 배치된 한 쌍의 정착구; 및 한 쌍의 상기 정착구에 양단부가 연결되고, 상기 합성 거더의 하부에 압축력을 제공하기 위한 프리스트레스를 발생하는 긴장재;를 포함하며,

상기 합성 거더는, 상기 합성 거더의 상면부를 형성하는 상부 플랜지; 상기 합성 거더의 하면부를 형성하는 하부 플랜지; 및 상기 상부 플랜지와 상기 하부 플랜지를 연결하도록 상기 상부 플랜지와 상기 하부 플랜지 사이에 수직하게 형성된 거더 웹;를 포함하며,

상기 합성 거더의 하부에는 상기 정착구를 지지하기 위한 정착구 보강재가 마련되고,

상기 정착구 보강재는, 상기 합성 거더의 표면에 플랜지 형상 또는 리브 형상으로 마련되며, 상기 정착구와 걸리도록 상기 합성 거더의 길이 방향을 기준으로 상기 정착구의 양측에 각각 위치되며,

상기 정착구는 상기 거더 웹의 내측면 또는 상기 하부 플랜지의 상면 중 어느 하나의 위치에 배치되고,

상기 정착구 보강재는 상기 정착구를 지지함과 아울러 상기 정착구의 설치 부위에 대한 응력 집중 및 좌굴을 방지하도록 상기 거더 웹의 내측면 또는 상기 하부 플랜지의 상면 중 어느 하나의 위치에 상기 합성 거더의 길이 방향으로 길게 마련된 것을 특징으로 하는 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 구조.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 프리스트레스 기구는,

상기 합성 거더의 하부에 압축력을 제공하여 상기 정모멘트 구간의 거더 정모멘트를 상쇄하기 위한 상쇄 부모멘트를 상기 정모멘트 구간에 발생시키고,

상기 상쇄 부모멘트에 의해서 상기 부모멘트 구간의 거더 부모멘트를 상쇄하기 위한 상쇄 정모멘트를 상기 부모멘트 구간에 간접적으로 발생시키는 것을 특징으로 하는 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 구조.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 프리스트레스 기구는, 상기 정모멘트 구간에 작용되는 상기 상쇄 부모멘트의 크기를 증가시키도록 상기 합성 거더의 중립축에서 하측으로 최대한 멀리 떨어지게 배치된 것을 특징으로 하는 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 구조.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 합성 거더는 복수개의 상기 지점부에 거치되고,

상기 정모멘트 구간은 상기 지점부들의 사이에 각각 형성되며,

상기 프리스트레스 기구는 상기 정모멘트 구간들에 각각 마련되는 것을 특징으로 하는 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 구조.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 프리스트레스 기구는, 상기 합성 거더의 길이 방향을 따라 길게 배치되고, 상기 정모멘트 구간과 대응되는 길이로 형성된 것을 특징으로 하는 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 구조.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 프리스트레스 기구는 상기 합성 거더의 하부에 복수개가 서로 평행하게 배치되고,

상기 프리스트레스 기구들은 서로 다른 크기의 프리스트레스 및 길이를 갖도록 마련되며,

상기 프리스트레스 기구들 중 하나는 상기 정모멘트 구간과 대응되는 길이로 형성되고, 상기 프리스트레스 기구들 중 나머지는 상기 정모멘트 구간과 대응되는 길이로 형성된 프리스트레스 기구보다 짧은 길이로 형성된 것을 특징으로 하는 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 구조.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 프리스트레스 기구들은, 상기 하부 플랜지와 상기 거더 웨브의 연결 부위에 배치된 제1 프리스트레스 기구; 및 상기 제1 프리스트레스 기구에서 상기 거더 웨브의 측면을 따라 상하 방향으로 이격되거나 상기 하부 플랜지의 상면을 따라 좌우 방향으로 이격되도록 배치된 적어도 하나의 제2 프리스트레스 기구;로 제공되는 것을 특징으로 하는 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 구조.

청구항 8

삭제

청구항 9

합성 거더를 포함하는 강-콘크리트 합성 연속교에 대한 유한요소해석의 기초 모델을 생성하는 단계;

비선형비탄성해석을 이용하여 합성 거더의 정모멘트 구간과 부모멘트 구간을 도출하는 단계;

상기 정모멘트 구간의 거더 정모멘트를 상쇄하기 위한 상쇄 부모멘트를 발생시키기 위하여 상기 정모멘트 구간에 배치되는 프리스트레스 기구의 설치 위치를 결정하는 단계;

상기 프리스트레스 기구를 설치한 상태에서 상기 합성 연속교의 좌굴 해석을 통해 상기 프리스트레스 기구에 대한 프리스트레스를 결정하는 단계; 및

상기 프리스트레스 기구가 해당 프리스트레스를 작용하는 상태에서 상기 합성 거더의 단면을 감소시키면서 비선형비탄성해석을 통해 상기 합성 연속교의 최적 설계를 수행하는 단계;를 포함하고,

상기 합성 연속교의 최적 설계를 수행하는 단계에서는, 상기 합성 거더의 단면을 감소시키면서 상기 합성 연속

교의 극한하중상태에서 하중저항능력 및 미리 설정된 사용성 기준을 모두 만족시키도록 반복하여 상기 합성 거더의 최적 단면 및 상기 프리스트레스 기구에 의한 최적 프리스트레싱 방법을 도출하는 것을 특징으로 하는 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 설계 방법.

청구항 10

합성 거더를 포함하는 강-콘크리트 합성 연속교에 대한 유한요소해석의 기초 모델을 생성하는 단계;

비선형비탄성해석을 이용하여 합성 거더의 정모멘트 구간과 부모멘트 구간을 도출하는 단계;

상기 정모멘트 구간의 거더 정모멘트를 상쇄하기 위한 제1 상쇄 부모멘트를 발생시키기 위하여 상기 정모멘트 구간에 배치되는 제1 프리스트레스 기구의 설치 위치를 결정하는 단계;

상기 제1 프리스트레스 기구를 설치한 상태에서 상기 합성 연속교의 좌굴 해석을 통하여 상기 정모멘트 구간에 적어도 하나가 배치되는 제2 프리스트레스 기구의 설치 위치를 결정하는 단계;

상기 제1,2 프리스트레스 기구를 설치한 상태에서 상기 합성 연속교의 좌굴 해석을 통하여 상기 제1,2 프리스트레스 기구의 프리스트레스를 결정하는 단계; 및

상기 제1,2 프리스트레스 기구가 해당 프리스트레스를 작용하는 상태에서 상기 합성 거더의 단면을 감소시키면서 비선형비탄성해석을 통해 상기 합성 연속교의 최적 설계를 수행하는 단계;를 포함하며,

상기 제1,2 프리스트레스 기구의 프리스트레스를 결정하는 단계에서는, 상기 제1,2 프리스트레스 기구에 대한 프리스트레스의 배분 비율을 변경하면서 좌굴 해석을 실시하여 상기 제1,2 프리스트레스 기구의 프리스트레스에 대한 최적값을 도출하고,

상기 합성 연속교의 최적 설계를 수행하는 단계에서는, 상기 합성 거더의 단면을 감소시키면서 상기 합성 연속교의 극한하중상태에서 하중저항능력 및 미리 설정된 사용성 기준을 모두 만족시키도록 반복하여 상기 합성 거더의 최적 단면 및 상기 프리스트레스 기구에 의한 최적 프리스트레싱 방법을 도출하는 것을 특징으로 하는 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 설계 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제1 프리스트레스 기구 및 상기 제2 프리스트레스 기구는, 서로 다른 크기의 프리스트레스를 갖도록 마련되고, 상기 합성 거더의 중립축보다 하측에 위치한 상기 합성 거더의 하부에 서로 평행하게 배치되며,

상기 제1 프리스트레스 기구는 상기 정모멘트 구간과 대응되는 길이로 형성되고, 상기 제2 프리스트레스 기구는 상기 제1 프리스트레스 기구보다 짧은 길이로 형성된 것을 특징으로 하는 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 설계 방법.

청구항 12

삭제

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 구조 및 프리스트레싱 설계 방법에 관한 것으로서, 더 상세하게는 프리스트레스를 합성 연속교에 제공하여 합성 거더의 강제 사용량 또는 형고를 효율적으로 감소시킬 수 있는 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 구조 및 프리스트레싱 설계 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0001]

- [0002] 일반적으로, 연속교는 세 개 이상의 지점(支點)을 가지는 연속 빔(beam)이나 연속된 트러스를 주요 구조로 하는 다리로서, 특히 거더(girder)의 구조가 2개의 경간(span) 이상에 걸쳐 연속된 교량이다.
- [0003] 상기와 같은 거더는 자동차와 열차 등의 교통물의 하중 및 교량의 상부 구조에 대한 중량을 지지하되, 교각이나 교대 등과 같은 교량의 하부 구조물로 전달하기 위한 교량의 상부 구조물에 해당한다.
- [0004] 특히, 최근에는 강-콘크리트 합성을 활용한 강박스 타입의 합성 거더에 대한 사용이 확대되고 있는 추세이다.
- [0005] 상기와 같은 강박스 타입의 합성 거더에서는, 정모멘트 구간의 휨 압축력은 콘크리트 소재의 교량 슬래브가 받고, 정모멘트 구간의 휨 인장력은 강박스 거더가 받는 구조이다. 즉, 강박스 타입의 합성 거더는, 서로 다른 재료의 장점을 활용한 것으로써, 비합성 강박스 거더에 비해 구조적으로 유리하고 경제적으로도 장점이 있기 때문에 매우 널리 사용되고 있다.
- [0006] 하지만, 기존에 사용하는 강박스 타입의 합성 거더는 연속교의 설계 및 시공시 교각에 거치되는 지점부에서 부모멘트가 과도하게 발생하는 문제점이 있다. 그에 따라서, 상기의 지점부에서는 교량 슬래브의 단면 손실이 발생하여 휨 강성이 낮아질 수 있다.
- [0007] 최근의 교량은 저형교-장경간화의 추세로 인해서 상기의 문제점이 더욱 부각되는 추세이기 때문에 연속교의 부모멘트 구간에 대한 적절한 보강이 절실한 실정이다.
- [0008] 상기와 같은 장경간 교량을 제작하는 방법의 일환으로써, 외부 텐던(tendon)을 통한 프리스트레스 공법을 적용할 수 있지만, 기존의 프리스트레스 공법은 일반적으로 콘크리트의 강도 증진 기법으로 주로 사용되어 왔다.
- [0009] 최근에는 보강기법으로서 강재에 외부 프리스트레스를 도입하는 연구가 진행되고 있다. 특히, 박스형 합성 거더를 사용하는 교량은, 비틀림 강성이 크고 시공이 타 공법보다 비교적 안정적으로 시공할 수 있기 때문에 장경간 교량에 많이 사용되고 있으며, 이에 적용할 수 있는 합리적인 외부 프리스트레스 도입에 관한 기술 개발이 활발하게 시도되고 있다.
- [0010] 한편, 합성 거더를 사용한 합성 연속교의 평균 지간장은 50~55m이나, 최근에는 장경간화의 추세 및 강재 단가의 상승으로 인하여 경간장 50~70m 사이에서의 강재절감에 대한 요구가 새롭게 대두되고 있는 실정이다. 그렇기 때문에, 합성 거더의 강재 사용량을 줄이고 합성 거더의 형고도 낮추기 위하여, 외부 프리스트레스를 더 효율적으로 도입하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다.
- [0011] 예를 들면, 한국등록특허 제10-1621341호(발명의 명칭: 프리스트레스트 개구형 강박스거더 및 이를 이용한 교량 시공방법, 등록일: 2016.05.10)에는, 프리스트레스트 개구형 강박스거더의 구조적인 효율성을 극대화시킬 수 있어 강재량을 절감시키고 보강재를 적게 사용할 수 있어 경제적인 제작이 가능한 프리스트레스 개구형 강박스거더 및 이를 이용한 교량시공방법이 개시되어 있다. 즉, 한국등록특허 제10-1621341호에서는, 개구형 강박스거더 중앙부에 발생하는 정모멘트를 가장 효과적으로 제어하면서 연속지점부에 발생하는 부모멘트도 함께 효과적으로 제어하기 위하여 강박스거더의 전체에 복수개의 긴장재를 길게 배치한 구조이다.
- [0012] 하지만, 기존의 외부 프리스트레스 도입 방식은 부모멘트부의 교량 슬래브 내에 프리스트레스를 도입하는 방식이 주로 사용되고 있다. 하지만, 그러한 방식은 압축력의 도입엔 효과적일지는 모르나, 보강재의 짧은 팔길이로 인해 모멘트 발생량이 적기 때문에 전구간에 걸친 보강이 불가능한 단점이 있다.
- [0013] 그에 따라, 한국등록특허 제10-1621341호에서는, 합성 거더의 전구간에 걸쳐 보강을 수행하도록 합성 거더의 전구간에 곡선 배치식으로 보강재를 도입하는 방식이 사용되고 있다. 하지만, 한국등록특허 제10-1621341호와 같은 외부 프리스트레스 도입 방식은 교량의 경간보다 훨씬 긴 길이의 긴장재가 과도하게 도입되는 문제가 있고, 특히 곡선으로 배치된 긴장재가 겹겹이 도입됨에 따라 응력상태가 복잡하게 바뀌어 유지관리 측면에서 어려움이 발생하고 있다.
- [0014] 따라서, 합성 거더에 외부 프리스트레스를 효율적으로 도입하기 위하여 프리스트레스를 도입하기 위한 구조 및 설계 방법을 더 획기적으로 개선할 필요성이 있다. 특히, 프리스트레스 도입 방식 및 그에 대한 설계방법은, 합성 거더의 전구간에 걸친 보강 효과를 제공하되, 구조가 간단하여 유지관리 측면에서 장점이 있고, 기존 교량에도 적은 비용으로 쉽게 적용 가능해야만 한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0015] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1621341호(등록 2016.05.10)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0016] 본 발명의 실시예는, 외부 프리스트레스를 간단한 구조로 도입할 수 있고, 외부 프리스트레스의 도입 비용과 시공 공정을 효과적으로 줄일 수 있는 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 구조 및 프리스트레싱 설계 방법을 제공한다.
- [0017] 또한, 본 발명의 실시예는, 외부 프리스트레스의 도입으로 인해 합성 거더의 강재 사용량 및 형고를 획기적으로 감소시킬 수 있는 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 구조 및 프리스트레싱 설계 방법을 제공한다.
- [0018] 또한, 본 발명의 실시예는, 합성 거더의 정모멘트 구간에만 외부 프리스트레스를 적용시키는 방식으로 합성 거더의 전구간에 프리스트레스를 효율적으로 도입할 수 있는 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 구조 및 프리스트레싱 설계 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0019] 본 발명의 일실시예에 따르면, 교각 또는 교대와 같은 지점부에 거치되어 교량 슬래브가 상면부에 마련되는 합성 거더를 포함하는 합성 연속교, 및 상기 합성 거더의 정모멘트 구간 또는 부모멘트 구간 중 상기 정모멘트 구간에 마련되되 상기 합성 거더의 중립축보다 하측에 위치한 상기 합성 거더의 하부에 프리스트레스를 제공하는 프리스트레스 기구를 포함하는 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 구조를 제공한다.
- [0020] 바람직하게, 상기 프리스트레스 기구는, 상기 합성 거더의 하부에 압축력을 제공하여 상기 정모멘트 구간의 거더 정모멘트를 상쇄하기 위한 상쇄 부모멘트를 상기 정모멘트 구간에 발생시킬 수 있고, 상기 상쇄 부모멘트에 의해서 상기 부모멘트 구간의 거더 부모멘트를 상쇄하기 위한 상쇄 정모멘트를 상기 부모멘트 구간에 간접적으로 발생시킬 수 있다.
- [0021] 바람직하게, 상기 프리스트레스 기구는, 상기 정모멘트 구간에 작용되는 상기 상쇄 부모멘트의 크기를 증가시키도록 상기 합성 거더의 중립축에서 하측으로 최대한 멀리 떨어지게 배치될 수 있다.
- [0022] 바람직하게, 상기 합성 거더는 복수개의 상기 지점부에 거치될 수 있고, 상기 정모멘트 구간은 상기 지점부들의 사이에 각각 형성될 수 있으며, 상기 프리스트레스 기구는 상기 정모멘트 구간들에 각각 마련될 수 있다.
- [0023] 바람직하게, 상기 프리스트레스 기구는, 상기 합성 거더의 길이 방향을 따라 길게 배치될 수 있고, 상기 정모멘트 구간과 대응되는 길이로 형성될 수 있다.
- [0024] 여기서, 상기 프리스트레스 기구는 상기 합성 거더의 하부에 복수개가 서로 평행하게 배치될 수 있다. 이때, 상기 프리스트레스 기구들은 서로 다른 크기의 프리스트레스 및 길이를 갖도록 마련될 수 있다. 일례로, 상기 프리스트레스 기구들 중 하나는 상기 정모멘트 구간과 대응되는 길이로 형성될 수 있고, 상기 프리스트레스 기구들 중 나머지는 상기 정모멘트 구간과 대응되는 길이로 형성될 수 있다.
- [0025] 그리고, 상기 합성 거더는, 상기 합성 거더의 상면부를 형성하는 상부 플랜지, 상기 합성 거더의 하면부를 형성하는 하부 플랜지, 및 상기 상부 플랜지와 상기 하부 플랜지를 연결하도록 상기 상부 플랜지와 상기 하부 플랜지 사이에 수직하게 형성된 거더 웹을 포함할 수 있다.
- [0026] 상기와 같은 프리스트레스 기구들은, 상기 하부 플랜지와 상기 거더 웹의 연결 부위에 배치된 제1 프리스트레스 기구, 및 상기 제1 프리스트레스 기구에서 상기 거더 웹의 측면을 따라 상하 방향으로 이격되거나 상기 하부 플랜지의 상면을 따라 좌우 방향으로 이격되도록 배치된 적어도 하나의 제2 프리스트레스 기구로 제공될 수 있다.
- [0027] 또한, 상기 프리스트레스 기구는, 상기 합성 거더의 하부에 상기 합성 거더의 길이 방향으로 서로 이격되게 배치된 한 쌍의 정착구, 및 한 쌍의 상기 정착구에 양단부가 연결되고 상기 합성 거더의 하부에 압축력을 제공하기 위한 프리스트레스를 발생시키는 긴장재를 포함할 수 있다.
- [0028] 상기와 같은 거더 웹에는, 상기 정착구를 지지함과 아울러 상기 정착구의 설치 부위에 대한 응력 집중 및 좌

굴을 방지하도록 상기 합성 거더의 길이 방향으로 상기 정착구와 걸리는 형상으로 정착구 보강재가 마련될 수 있다.

[0029] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 합성 거더를 포함하는 강-콘크리트 합성 연속교에 대한 유한요소해석의 기초 모델을 생성하는 단계, 비선형비탄성해석을 이용하여 합성 거더의 정모멘트 구간과 부모멘트 구간을 도출하는 단계, 상기 정모멘트 구간의 거더 정모멘트를 상쇄하기 위한 상쇄 부모멘트를 발생시키기 위하여 상기 정모멘트 구간에 배치되는 프리스트레스 기구의 설치 위치를 결정하는 단계, 상기 프리스트레스 기구를 설치한 상태에서 상기 합성 연속교의 좌굴 해석을 통해 상기 프리스트레스 기구에 대한 최적의 프리스트레스를 결정하는 단계, 및 상기 프리스트레스 기구가 해당 프리스트레스를 작용하는 상태에서 상기 합성 거더의 단면을 감소시키면서 비선형비탄성해석을 통해 상기 합성 연속교의 최적 설계를 수행하는 단계를 포함하는 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 설계 방법을 제공한다.

[0030] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 합성 거더를 포함하는 강-콘크리트 합성 연속교에 대한 유한요소해석의 기초 모델을 생성하는 단계, 비선형비탄성해석을 이용하여 합성 거더의 정모멘트 구간과 부모멘트 구간을 도출하는 단계, 상기 정모멘트 구간의 거더 정모멘트를 상쇄하기 위한 제1 상쇄 부모멘트를 발생시키기 위하여 상기 정모멘트 구간에 배치되는 제1 프리스트레스 기구의 설치 위치를 결정하는 단계, 상기 제1 프리스트레스 기구를 설치한 상태에서 상기 합성 연속교의 좌굴 해석을 통하여 상기 정모멘트 구간에 적어도 하나가 배치되는 제2 프리스트레스 기구의 설치 위치를 결정하는 단계, 상기 제1,2 프리스트레스 기구를 설치한 상태에서 상기 합성 연속교의 좌굴 해석을 통하여 상기 제1,2 프리스트레스 기구의 프리스트레스를 결정하는 단계, 및 상기 제1,2 프리스트레스 기구가 해당 프리스트레스를 작용하는 상태에서 상기 합성 거더의 단면을 감소시키면서 비선형비탄성해석을 통해 상기 합성 연속교의 최적 설계를 수행하는 단계를 포함하는 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 설계 방법을 제공한다.

[0031] 여기서, 상기 제1 프리스트레스 기구 및 상기 제2 프리스트레스 기구는, 서로 다른 크기의 프리스트레스를 갖도록 마련될 수 있고, 상기 합성 거더의 중립축보다 하측에 위치한 상기 합성 거더의 하부에 서로 평행하게 배치될 수 있다.

[0032] 상기 제1 프리스트레스 기구는 상기 정모멘트 구간과 대응되는 길이로 형성될 수 있고, 상기 제2 프리스트레스 기구는 상기 제1 프리스트레스 기구보다 짧은 길이로 형성될 수 있다.

[0033] 그리고, 상기 제1,2 프리스트레스 기구의 프리스트레스를 결정하는 단계에서는, 상기 제1,2 프리스트레스 기구에 대한 프리스트레스의 배분 비율을 변경하면서 좌굴 해석을 실시하여 상기 제1,2 프리스트레스 기구의 프리스트레스에 대한 최적값을 도출할 수 있다.

[0034] 또한, 상기 합성 연속교의 최적 설계를 수행하는 단계에서는, 상기 합성 거더의 단면을 감소시키는 과정에서 상기 합성 연속교의 극한하중상태에서 하중저항능력 및 미리 설정된 사용성 기준을 모두 만족하도록 최적 설계가 이루어질 수 있다.

발명의 효과

[0035] 본 발명의 실시예에 따른 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 구조 및 프리스트레싱 설계 방법은, 합성 거더의 정모멘트 구간에 중립축보다 하측에 프리스트레스 기구를 마련하는 방식이므로, 프리스트레스 기구가 압축력을 합성 거더의 하부에 제공하기 때문에 정모멘트 구간에서 상쇄 부모멘트를 발생시켜 정모멘트 구간의 거더 정모멘트를 상쇄할 수 있고, 프리스트레스의 상쇄 부모멘트에 의해 부모멘트 구간에서 상쇄 정모멘트를 간접적으로 발생시켜 부모멘트 구간의 거더 부모멘트를 상쇄할 수 있다.

[0036] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 구조 및 프리스트레싱 설계 방법은, 프리스트레스 기구를 합성 거더의 정모멘트 구간과 부모멘트 구간에 모두 설치하지 않고 정모멘트 구간에만 설치하여 합성 거더의 전구간에 프리스트레스를 효율적으로 제공할 수 있고, 그 때문에 프리스트레스 기구를 합성 거더의 전구간에 걸쳐 길게 설치할 필요가 없어 프리스트레스 기구의 설치 구조를 더욱 간소화시킬 수 있다.

[0037] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 구조 및 프리스트레싱 설계 방법은, 프리스트레스 기구를 합성 거더의 중립축에서 하측으로 최대한 멀리 떨어지게 배치되는 방식이므로, 프리스트레스 기구의 압축력을 합성 거더에 더 크게 제공할 수 있고, 그에 따라 프리스트레스 기구의 설치 효율을 극대화시킬 수 있다.

[0038] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 구조 및 프리스트레싱 설계 방법은,

프리스트레스 기구를 합성 거더의 하부에 설치하여 정모멘트 구간의 거더 정모멘트 및 부모멘트 구간의 거더 부모멘트를 모두 적절하게 상쇄시키는 방식이므로, 프리스트레스 기구의 프리스트레스에 의해 합성 거더의 강재 사용량 및 형고를 대폭 감소시킬 수 있고, 그에 따라 합성 연속교의 건설 비용을 절감할 수 있다.

[0039] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 구조 및 프리스트레싱 설계 방법은, 합성 연속교의 좌굴해석을 통하여 프리스트레스 기구들의 설치 위치 및 프리스트레스를 결정한 후 합성 거더의 단면을 감소시키면서 비선형비탄성해석을 통해 합성 연속교의 최적설계를 수행하므로, 합성 거더에 프리스트레스를 가장 크게 도입할 수 있는 프리스트레스 기구의 설치 위치를 효과적으로 선정할 수 있고, 하중저항능력과 사용성 기준을 만족하는지에 따라 합성 거더의 단면 최적화에 따른 최적설계가 이루어질 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0040] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 구조 및 B.M.D 그래프가 개략적으로 도시된 도면이다.

도 2는 도 1에 도시된 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 구조를 설명하기 위한 참고도이다.

도 3과 도 4는 도 1에 도시된 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 구조를 개략적으로 나타낸 사시도이다.

도 5는 도 1에 도시된 'A' 부위를 확대시켜 정착구의 설치 구조를 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 구조 및 B.M.D 그래프가 개략적으로 도시된 도면이다.

도 7과 도 8은 도 6에 도시된 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 구조를 개략적으로 나타낸 단면도이다.

도 9는 도 6에 도시된 'B' 부위를 확대시켜 정착구의 설치 구조를 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 10은 본 발명의 다른 실시예에 따른 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 설계 방법이 개략적으로 도시된 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0041] 이하에서, 본 발명에 따른 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명이 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0043] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 강-콘크리트 합성 연속교(100)의 프리스트레싱 구조 및 B.M.D 그래프가 개략적으로 도시된 도면이다. 도 2는 도 1에 도시된 강-콘크리트 합성 연속교(100)의 프리스트레싱 구조를 설명하기 위한 참고도이고, 도 3과 도 4는 도 1에 도시된 강-콘크리트 합성 연속교(100)의 프리스트레싱 구조를 개략적으로 나타낸 사시도이다. 도 5는 도 1에 도시된 'A' 부위를 확대시켜 정착구(210)의 설치 구조를 개략적으로 나타낸 도면이다.

[0044] 도 1 내지 도 5를 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 강-콘크리트 합성 연속교의 프리스트레싱 구조는, 합성 연속교(100) 및 프리스트레스 기구(200)를 포함할 수 있다.

[0045] 도 1의 (a)에 도시된 바와 같이, 본 실시예의 합성 연속교(100)는, 교각 또는 교대와 같은 지점부(110)에 거치되는 후술하는 합성 거더(120)를 포함할 수 있다. 상기와 같은 합성 거더(120)는 합성 연속교(100)의 상부 구조물에 해당될 수 있다. 합성 거더(120)의 상면부에는 교량 슬래브(130)가 상면부에 마련될 수 있다. 합성 거더(120)의 하면부는 지점부(110)에 안착되게 배치될 수 있다. 이때, 교량 슬래브(130)는 콘크리트 구조물로 마련될 수 있고, 합성 거더(120)는 강-콘크리트 합성 구조물로 마련될 수 있다.

[0046] 이하, 본 실시예에서는 설명의 편의를 위하여 합성 연속교(100)가 2 구간 연속 교량인 것으로 설명한다. 즉, 합성 연속교(100)가 3개의 지점부(110)에 의해 지지되는 구조이다. 이때, 지점부(110)는 합성 연속교(100)의 양단부 및 중간부에 각각 위치될 수 있다. 이하에서는, 합성 연속교(100)의 중간부에 위치한 지점부(110)를 '중간 지점부'로 칭하기로 한다.

[0047] 도 1의 (b)에 도시된 바와 같이, 합성 거더(120)에는 굽힘 모멘트(bending moment)가 작용될 수 있다. 즉, 도 1의 (b)에는 합성 거더(120)에 작용되는 굽힘 모멘트가 도시된 B.M.D(bending moment diagram) 그래프가 도시되어 있다.

- [0048] 지점부(110)들 사이에는 굽힘 모멘트가 하측으로 볼록한 포물선 형상으로 형성될 수 있다. 본 실시예에서는, 지점부(110)들 사이에 작용되는 굽힘 모멘트를 '거더 정모멘트(PM)'로 칭하되, 도 1에 "(+)"로 도시되어 있다.
- [0049] 합성 거더(120)의 중간 지점부(110)에서는 굽힘 모멘트가 상측으로 볼록한 삼각 형상으로 형성될 수 있다. 본 실시예에서는, 중간 지점부(110)에 작용되는 굽힘 모멘트를 '거더 부모멘트(NM)'로 칭하되, 도 1에 "(-)"로 도시되어 있다.
- [0050] 이하, 본 실시예에서는 거더 정모멘트(PM)가 작용되는 구간을 '정모멘트 구간(R1)'으로 칭하고, 거더 부모멘트(NM)가 작용되는 구간을 '부모멘트 구간(R2)'으로 칭하기로 한다. 참고로, 정모멘트 구간(R1)과 부모멘트 구간(R2)의 교번 지점에서는 거더 정모멘트(PM)와 거더 부모멘트(NM)가 "0"이 될 수 있다.
- [0051] 한편, 합성 거더(120)의 정모멘트 구간(R1)에서는, 합성 거더(120)의 중립축(N-N)을 기준으로 합성 거더(120)의 하부에 인장 응력이 작용될 수 있고, 합성 거더(120)의 중립축(N-N)을 기준으로 합성 거더(120)의 상부에 압축 응력이 작용될 수 있다.
- [0052] 상기와 같은 합성 거더(120)의 중립축(N-N)은, 합성 거더(120)에 작용되는 인장 응력과 압축 응력이 모두 "0"되는 지점으로써, 합성 거더(120)의 상면부와 하면부 사이에 합성 거더(120)의 축방향을 따라 길게 형성될 수 있다. 특히, 교량 슬래브(130)가 합성 거더(120)의 상면부에 마련되기 때문에 합성 거더(120)의 중립축(N-N)은 합성 거더(120)의 상면부에 더욱 근접하게 배치될 수 있다.
- [0053] 이때, 정모멘트 구간(R1)에서 합성 거더(120)의 상부에 작용되는 압축 응력은, 합성 거더(120)의 상면부에 배치된 교량 슬래브(130)에 의해 대부분 지지될 수 있다. 왜냐하면, 합성 거더(120)의 상부는 강재로 형성되지만, 교량 슬래브(130)는 합성 거더(120)의 상부보다 더 큰 압축 응력을 견딜 수 있는 콘크리트 구조물로 형성되기 때문이다.
- [0054] 또한, 합성 거더(120)의 부모멘트 구간(R2)에서는, 합성 거더(120)의 중립축(N-N)을 기준으로 합성 거더(120)의 하부에 압축 응력이 작용될 수 있고, 합성 거더(120)의 중립축(N-N)을 기준으로 합성 거더(120)의 상부에 인장 응력이 작용될 수 있다. 상기와 같이 부모멘트 구간(R2)에서 인장 응력은 합성 거더(120)의 상부에 의해 지지될 수 있고, 압축 응력은 합성 거더(120)의 하부에 의해 지지될 수 있다.
- [0055] 최근의 교량은 건설 비용 절감을 위해 구조의 합리화 및 시공의 효율화가 요구되고 있다. 특히, 최근에는 교량이 저형교-장경간화 함에 따라 합성 거더(120)에도 고강도의 강재를 사용하는 추세이다. 따라서, 합성 거더(120)의 강재 사용량이 조금만 늘어나도 건설 비용이 크게 증가될 수 있고, 합성 거더(120)의 강재 사용량이 조금만 감소해도 건설 비용이 크게 감소될 수 있다.
- [0056] 그에 따라, 본 실시예에서는, 합성 거더(120)의 정모멘트 구간(R1)에서 프리스트레스 기구(200)를 합성 거더(120)의 하부에 도입함으로써, 합성 거더(120)를 보강하여 합성 거더(120)의 형고 및 강재 사용량을 줄일 수 있다. 이에 대한 상세한 설명은 아래의 프리스트레스 기구(200)를 설명하는 부분에서 더 자세하게 언급하기로 한다.
- [0057] 도 1 내지 도 5에 도시된 바와 같이, 본 실시예의 합성 거더(120)는, 상부 플랜지(122), 하부 플랜지(124), 거더 웨브(126), 및 다이아프램(128)를 포함할 수 있다.
- [0058] 합성 거더(120)는 합성 연속교(100)의 시공시 현장에서 단위 길이로 복수개가 제작된 후 지점부(110)들에 연속적으로 안착되면서 연결될 수 있다. 합성 거더(120)는 강재로 형성되되, 특히 장경간화의 합성 거더(120)에 작용되는 거더 정모멘트(PM) 및 거더 부모멘트(NM)에 충분히 대응하도록 고강도의 강재로 마련될 수 있다.
- [0059] 참고로, 본 실시예에서는 합성 거더(120)이 도 1과 도 2에 도시된 바와 같이 좌우 방향으로 길게 마련된 것으로 설명한다. 즉, 합성 거더(120)는 좌우 방향을 따라 길게 연장되게 형성될 수 있다.
- [0060] 여기서, 상부 플랜지(122)는, 합성 거더(120)의 상면부를 형성하는 부재이다. 상부 플랜지(122)는 합성 거더(120)의 상면에 수평하게 배치된 평판 구조로 형성될 수 있다. 상부 플랜지(122)는 부모멘트 구간(R2)에 작용되는 인장 응력을 지지할 수 있다. 상기와 같은 상부 플랜지(122)의 상면부에는 교량 슬래브(130)가 마련될 수 있다. 교량 슬래브(130)는 합성 거더(120)의 정모멘트 구간(R1)에 작용되는 압축 응력을 지지하도록 마련될 수 있다. 이를 위하여, 교량 슬래브(130)는 압축 응력에 대한 강도가 우수한 콘크리트 구조물로 형성될 수 있다.
- [0061] 그리고, 하부 플랜지(124)는, 합성 거더(120)의 하면부를 형성하는 부재이다. 하부 플랜지(124)는 합성 거더(120)의 하면에 수평하게 배치된 평판 구조로 형성될 수 있다. 하부 플랜지(124)는 정모멘트 구간(R1)에 작용되

는 인장 응력을 지지할 수 있다. 상기와 같은 하부 플랜지(124)는 지점부(110)들에 안착되도록 지점부(110)들에 거치될 수 있다.

- [0062] 또한, 거더 웹(girder web)(126)는 합성 거더(120)의 좌측면부와 우측면부를 형성하는 부재로서, '복부재'라고도 칭한다. 상기와 같은 거더 웹(126)는 합성 거더(120)에 작용하는 전단력에 저항하는 복부 단면을 구성할 수 있다.
- [0063] 또한, 다이아프램(diaphragm)(128)은 합성 거더(120)의 내부에 길이 방향을 따라 복수개가 이격되게 배치될 수 있다. 상기와 같은 다이아프램(128)은 합성 거더(120)의 내부를 구획하는 판 모양의 격벽으로 마련될 수 있다. 따라서, 다이아프램(128)은 거더 정모멘트(PM) 또는 거더 부모멘트(NM)를 받는 합성 거더(120)의 좌굴을 방지하거나 합성 거더(120)의 비틀림에 대한 강성을 높일 수 있다.
- [0064] 한편, 합성 거더(120)는, 합성 거더(120)의 강도를 보강하기 위한 거더 보강재(129)를 더 포함할 수 있다. 상기와 같은 거더 보강재(129)는 다이아프램(128)의 표면, 거더 웹(126)의 내측면, 상부 플랜지(122)의 하면 또는 하부 플랜지(124)의 상면 중 적어도 한 면에 강도의 보강을 위해 마련될 수 있다. 상기와 같은 거더 보강재(129)는 합성 거더(120)의 표면과 직교되도록 얇은 두께의 플랜지 형상 또는 리브 형상으로 돌출되되, 수직 방향과 수평 방향을 따라 격자 형상으로 형성될 수 있다.
- [0065] 도 1 내지 도 5를 참조하면, 본 실시예의 프리스트레스 기구(200)는, 합성 거더(120)에 프리스트레스를 제공하기 위한 수단이다. 상기와 같은 프리스트레스 기구(200)는, 합성 거더(120)의 중립축(N-N)보다 하측에 위치한 합성 거더(120)의 하부에 마련될 수 있다. 이때, 프리스트레스 기구(200)는 합성 거더(120)의 정모멘트 구간(R1) 또는 부모멘트 구간(R2) 중 정모멘트 구간(R1)에만 마련될 수 있다.
- [0066] 상기와 같은 프리스트레스 기구(200)는, 합성 거더(120)의 길이 방향을 따라 길게 배치되되, 정모멘트 구간(R1)과 대응되는 설치 위치 및 길이로 형성될 수 있다. 만약, 합성 거더(120)가 복수개의 중간 지점부(110)에 거치되는 구조이면, 정모멘트 구간(R1)은 중간 지점부(110)들의 사이에 각각 형성될 수 있고, 프리스트레스 기구(200)는 정모멘트 구간(R1)들에 각각 마련될 수 있다.
- [0067] 한편, 본 실시예의 프리스트레스 기구(200)는, 정모멘트 구간(R1)에 프리스트레스를 작용하여 정모멘트 구간(R1)의 거더 정모멘트(PM)를 직접적으로 상쇄시킬 수 있고, 정모멘트 구간(R1)에 작용되는 프리스트레스에 의해 부모멘트 구간(R2)의 거더 부모멘트(NM)도 간접적으로 상쇄시킬 수 있다.
- [0068] 도 2에 도시된 바와 같이, 프리스트레스 기구(200)는, 정모멘트 구간(R1)에서 합성 거더(120)의 하부에 압축력(C1)을 직접적으로 제공할 수 있고, 그 압축력(C1)의 상호 작용으로 인해서 부모멘트 구간(R2)에서 합성 거더(120)의 하부에 인장력(T1)을 간접적으로 발생시킬 수 있다. 따라서, 프리스트레스 기구(200)의 압축력(C1)이 정모멘트 구간(R1)에서 거더 정모멘트(PM)를 상쇄하기 위한 상쇄 부모멘트(NM1)를 발생시킬 수 있고, 상쇄 부모멘트(NM1)로 인해 부모멘트 구간(R2)에서 간접적으로 발생된 인장력(T1)이 거더 부모멘트(NM)를 상쇄하기 위한 상쇄 정모멘트(PM1)를 간접적으로 발생시킬 수 있다.
- [0069] 도 1의 (c)에는 프리스트레스 기구(200)에 의해서 정모멘트 구간(R1)과 부모멘트 구간(R2)에 제공되는 상쇄 부모멘트(NM1) 및 상쇄 정모멘트(PM1)가 개략적으로 도시된 그래프이다. 따라서, 도 1의 (b)에 도시된 거더 정모멘트(PM)와 거더 부모멘트(NM)의 그래프 및 도 1의 (c)에 도시된 상쇄 부모멘트(NM1) 및 상쇄 정모멘트(PM1)의 그래프를 서로 병합시킬 수 있고, 그 결과가 도 1의 (d)에 도시되어 있다.
- [0070] 또한, 본 실시예의 프리스트레스 기구(200)는, 정모멘트 구간(R1)에 작용되는 상쇄 부모멘트(NM1)의 크기를 최대로 증가시키도록 합성 거더(120)의 중립축(N-N)에서 하측으로 최대한 멀리 떨어지게 배치될 수 있다. 즉, 프리스트레스 기구(200)의 압축력(C1)이 합성 거더(120)의 중립축(N-N)과 멀리 떨어짐에 따라 프리스트레스 기구(200)의 압축력(C1)에 의해 발생하는 상쇄 부모멘트(NM1)의 크기가 증가될 수 있다.
- [0071] 상기와 같은 합성 거더(120)의 중립축(N-N)은 합성 거더(120)의 상부에 근접하게 배치되므로, 합성 거더(120)의 상부와 중립축(N-N) 사이의 이격 거리보다 합성 거더(120)의 하부와 중립축(N-N) 사이의 이격 거리가 더 길게 형성될 수 있다. 그에 따라, 프리스트레스 기구(200)는 합성 거더(120)의 하부에 배치하는 것이 합성 거더(120)의 상부에 배치되는 것보다 더 크게 상쇄 부모멘트(NM1)를 발생시킬 수 있다.
- [0072] 참고로, 도 3에는 박스형 합성 거더(120)에 대한 프리스트레스 기구(200)의 배치 구조가 도시되어 있고, 도 4에는 I형 합성 거더(120)에 대한 프리스트레스 기구(200)의 배치 구조가 도시되어 있다. 여기서, 본 실시예의 프리스트레스 기구(200)는, 구조 안정성 측면에서 하부 플랜지(124)와 거더 웹(126)의 연결 부위에 설치되는 것

이 바람직하다. 즉, 프리스트레스 기구(200)가 하부 플랜지(124)와 거더 웨브(126)의 연결 부위에 설치되면, 하부 플랜지(124)와 거더 웨브(126)가 프리스트레스 기구(200)를 안정적으로 지지할 수 있고, 뿐만 아니라 프리스트레스 기구(200)의 설치 위치에서 발생하는 응력 집중 및 좌굴 현상을 효과적으로 견딜 수 있다.

- [0073] 도 1 내지 도 3에 도시된 바와 같이, 프리스트레스 기구(200)는 정착구(210) 및 긴장재(220)를 포함할 수 있다.
- [0074] 정착구(210)는, 합성 거더(120)의 길이 방향으로 서로 마주보도록 한 쌍이 합성 거더(120)의 하부에 이격되게 배치될 수 있다. 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 정착구(210)는, 정모멘트 구간(R1)의 내부 좌측에 배치되도록 합성 거더(120)의 하부 일측에 고정된 좌측 정착구(212), 및 정모멘트 구간(R1)의 내부 우측에 좌측 정착구(212)와 마주보는 형상으로 배치되도록 합성 거더(120)의 하부 타측에 고정된 우측 정착구(214)를 포함할 수 있다.
- [0075] 긴장재(220)의 양단부는 좌측 정착구(212)와 우측 정착구(214)에 연결될 수 있다. 일례로, 긴장재(220)로는 강연선이 사용될 수 있다. 상기와 같은 긴장재(220)의 양단부는 좌측 정착구(212)와 우측 정착구(214)에 연결된 상태에서 좌우 방향으로 잡아 당긴 상태로 고정될 수 있고, 그에 따라 긴장재(220)의 프리스트레스가 합성 거더(120)의 하부에 압축력(C1)으로 제공될 수 있다.
- [0076] 도 5에 도시된 바와 같이, 합성 거더(120)의 하부에는 정착구(210)를 지지하기 위한 정착구 보강재(230)가 마련될 수 있다. 즉, 정착구 보강재(230)는 합성 거더(120)의 길이 방향을 따라 정착구(210)가 슬라이딩 이동되거나 임의로 움직이는 것을 방지할 수 있다. 뿐만 아니라, 정착구 보강재(230)는 합성 거더(120)에서 정착구(210)의 설치 부위를 보강하여 해당 설치 부위의 응력 집중 및 좌굴을 방지할 수 있다.
- [0077] 상기와 같은 정착구 보강재(230)은, 정착구(210)의 설치 위치에서 정착구(210)와 걸려 지지하도록 합성 거더(120)의 표면에 돌출되게 마련될 수 있다. 일례로, 정착구 보강재(230)는 합성 거더(120)의 표면에서 거더 보강재(129)와 유사한 얇은 두께의 플랜지 형상 또는 리브 형상으로 돌출될 수 있다. 상기와 같은 정착구 보강재(230)는 구조 안정성을 확보하도록 거더 보강재(129) 또는 다이아프램(128)에 연결될 수 있다.
- [0078] 정착구 보강재(230)는, 정착구(210)를 좌우 방향으로 지지하도록 정착구(210)의 좌측과 우측에 각각 배치될 수 있다. 즉, 정착구 보강재(230)는 정착구(210)의 좌측면과 우측면에 걸림되는 형상으로 합성 거더(120)에 마련될 수 있다.
- [0079] 특히, 정착구 보강재(230)는, 거더 웨브(126)의 내측면과 하부 플랜지(124)의 상면에 각각 형성될 수 있지만, 본 실시예에서는 거더 웨브(126)의 내측면에만 형성된 것으로 설명한다. 왜냐하면, 거더 웨브(126)는 하부 플랜지(124)보다 응력 집중과 좌굴에 더 취약하여 정착구 보강재(230)에 의한 보강이 필요하기 때문이다. 따라서, 본 실시예에서는, 정착구(210)의 하부가 하부 플랜지(124)에 의해 지지되기 때문에 정착구 보강재(230)은 거더 웨브(126)에만 형성될 수 있다. 즉, 정착구(210)의 상부는 정착구 보강재(230)에 의해 안정적으로 지지될 수 있고, 정착구(210)의 하부는 하부 플랜지(124)에 의해 지지될 수 있다.
- [0080] 상기와 같이 구성된 본 발명의 일실시예에 따른 강-콘크리트 합성 연속교(100)의 프리스트레싱 구조에 대한 설계 방법을 설명하면 다음과 같다.
- [0081] 도 1를 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 강-콘크리트 합성 연속교(100)의 프리스트레싱 설계 방법은, 합성 연속교(100)의 유한요소해석을 위한 기초 모델을 생성하고, 좌굴 해석을 통해 프리스트레스 기구(200)의 설치 위치와 프리스트레스를 결정하며, 프리스트레스 기구(200)를 설치한 상태에서 비선형비탄성해석을 활용하여 합성 연속교(100)의 최적 설계를 수행한다.
- [0082] 참고로, 비선형비탄성해석을 이용한 설계방법은 일반적으로 하중저항계수설계법을 따르는 설계방법이다. 비선형비탄성해석을 기반으로 도출된 하중저항계수설계법(LRFD, Load and Resistance Factor Design)은, 구조신뢰성 이론에 기초한 저항계수 및 하중계수를 이용해 구조부재나 극한내력과 같은 상세요소의 강도 및 다양한 한계상태를 고려하여 부재력이 극한내력 또는 한계상태내력을 초과하지 않게 하는 설계법이다. 따라서, 전체 구조물에 대한 비선형비탄성해석을 활용하여 성능 기반 설계를 수행할 수 있다.
- [0083] 이하에서는, 도 1을 참조하여 본 발명의 일실시예에 따른 강-콘크리트 합성 연속교(100)의 프리스트레싱 설계 방법을 단계별로 더 상세하게 설명하기로 한다.
- [0084] 먼저, 도 1의 (a)에 도시된 바와 같이, 합성 거더(120)를 포함하는 합성 연속교(100)에 대한 유한요소해석의 기초 모델을 생성하는 단계를 진행한다. 즉, 합성 연속교(100)는 비선형비탄성해석을 수행하기 위한 합성 연속교

(100)의 기초 모델을 유한요소해석 방법으로 모델링된다.

- [0085] 그런 다음에는, 도 1의 (b)에 도시된 바와 같이, 비선형비탄성해석을 이용하여 합성 거더(120)의 정모멘트 구간(R1)과 부모멘트 구간(R2)을 도출하는 단계를 진행한다.
- [0086] 상기와 같이 정모멘트 구간(R1)과 부모멘트 구간(R2)을 도출하는 단계에서는, 합성 연속교(100)의 기초 모델에 구조물의 자중을 재하하고, 그 자중 해석에 따른 정모멘트 구간(R1)과 부모멘트 구간(R2)을 결정한다.
- [0087] 도 1의 (a)에 도시된 바와 같이, 거더 정모멘트(PM)를 상쇄하기 위한 상쇄 부모멘트(NM1)를 발생시키기 위하여 정모멘트 구간(R1)에 배치되는 프리스트레스 기구(200)의 설치 위치를 결정하는 단계를 진행한다.
- [0088] 즉, 프리스트레스 기구(200)의 정착구(210)는, 합성 연속교(100)의 합성 거더(120)에 대한 자중해석을 통해 정모멘트 구간(R1)과 부모멘트 구간(R2)을 확인하고, 프리스트레스 기구(200)와 정모멘트 구간(R1)이 서로 대응하도록 정착구(210)의 설치 위치를 정모멘트 구간(R1)의 내부에 설정한다.
- [0089] 일례로, 정착구(210)의 설치 위치는 정모멘트 구간(R1)의 내부에 설정하되, BUCKLE 옵션을 사용하여 좌굴해석을 실시한 후 프리스트레스에 의한 초기좌굴형상이 발생하는 위치를 확인하여 정착구(210)의 설치 위치를 결정한다.
- [0090] 이후, 프리스트레스 기구(200)의 프리스트레스를 결정하는 단계에서는, 프리스트레스 기구(200)를 설치한 상태에서 합성 거더(120)의 좌굴 해석을 통하여 가장 효과적인 프리스트레스를 결정한다. 이때, 프리스트레스 기구(200)는 해당 프리스트레스를 기준으로 긴장재(220)의 재원도 결정한다.
- [0091] 상기와 같이 프리스트레스 기구(200)의 설치 위치와 프리스트레스가 결정되면, 합성 거더(120)의 단면을 감소시키면서 비선형비탄성해석을 통해 합성 연속교(100)의 최적 설계를 수행하는 단계를 진행한다.
- [0092] 도 1의 (c)와 (d)에 도시된 바와 같이, 프리스트레스 기구(200)를 합성 거더(120)에 설치하면, 프리스트레스 기구(200)의 프리스트레스에 의해 정모멘트 구간(R1)의 거더 정모멘트(PM)와 부모멘트 구간(R2)의 거더 부모멘트(NM)가 변화한다.
- [0093] 예를 들면, 도 1의 (b)에 도시된 거더 정모멘트(PM)와 거더 부모멘트(NM)는, 도 1의 (c)에 도시된 프리스트레스 기구(200)의 상쇄 정모멘트(PM1)와 상쇄 부모멘트(NM1)에 의해 상쇄되고, 도 1의 (d)에 도시된 거더 정모멘트(PM)와 거더 부모멘트(NM)의 변화값(total PM, total NM)이 도출될 수 있다.
- [0094] 이때, 합성 거더(120)의 단면을 감소시키면서 비선형비탄성해석을 통하여 합성 거더(120)의 최적 단면을 찾을 수 있다. 예를 들면, 합성 연속교(100)가 극한하중상태일 때 요구되는 하중저항능력을 만족해야 하고, 아울러 합성 연속교(100)의 사용시 요구되는 합성 연속교(100)의 사용성 기준을 만족시켜야만 한다. 즉, 하중저항능력 및 사용성 기준을 만족시키는 최적 설계를 통하여 합성 거더(120)의 최적 단면 및 프리스트레스 기구(200)에 의한 최적 프리스트레싱 방법을 도출할 수 있다.
- [0096] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 강-콘크리트 합성 연속교(100)의 프리스트레싱 구조 및 B.M.D 그래프가 개략적으로 도시된 도면이고, 도 7과 도 8은 도 6에 도시된 강-콘크리트 합성 연속교(100)의 프리스트레싱 구조를 개략적으로 나타낸 단면도이며, 도 9는 도 6에 도시된 'B' 부위를 확대시켜 정착구(310)의 설치 구조를 개략적으로 나타낸 도면이다.
- [0097] 도 6 내지 도 9에서 도 1 내지 도 5에 도시된 참조부호와 동일 유사한 참조부호는 동일한 부재를 나타내며, 그에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다. 이하에서는 도 1 내지 도 5에 도시된 강-콘크리트 합성 연속교(100)의 프리스트레싱 구조 및 프리스트레싱 설계 방법과 상이한 점을 중심으로 서술하도록 한다.
- [0098] 도 6 내지 도 9를 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 강-콘크리트 합성 연속교(100)의 프리스트레싱 구조가 도 1 내지 도 5에 도시된 강-콘크리트 합성 연속교(100)의 프리스트레싱 구조와 상이한 점은, 복수개의 프리스트레스 기구(200, 300)를 정모멘트 구간(R1)에 설치한다는 점에 있다.
- [0099] 즉, 프리스트레스 기구(200, 300)들은, 합성 거더(120)의 하부에 함께 배치되되, 정모멘트 구간(R1)의 내부에 위치하도록 배치될 수 있다. 이때, 프리스트레스 기구(200, 300)들은, 정모멘트 구간(R1)에 서로 평행하도록 배치될 수 있고, 프리스트레스 기구(200, 300)들 중 하나는 정모멘트 구간(R1)에 대응하는 길이로 마련될 수 있다. 상기와 같은 프리스트레스 기구(200, 300)들은, 합성 거더(120)의 단면을 최소화시키도록 프리스트레스를 합성 거더(120)의 하부에 최대로 제공하는 방향으로 설계될 수 있다.

- [0100] 따라서, 본 발명의 다른 실시예에서는, 동일한 형상의 프리스트레스 기구들을 동일한 배치 구조로 단순히 설치하는 것이 아니라, 프리스트레스 기구(200, 300)들이 서로 다른 설치 위치에서 서로 다른 크기의 프리스트레스를 제공하도록 설치한다. 이때, 프리스트레스 기구(200, 300)들은, 합성 연속교(100)의 좌굴 해석을 통해 설치 위치와 길이 및 초기 프리스트레스가 결정될 수 있다.
- [0101] 도 6과 도 7에 도시된 바와 같이, 프리스트레스 기구(200, 300)들은, 거더 웹(126)의 내측면을 따라 상하 방향으로 이격되게 배치되거나, 하부 플랜지(124)의 상면을 따라 좌우 방향으로 이격되게 배치될 수 있다. 상기와 다르게, 프리스트레스 기구(200, 300)들은 거더 웹(126)의 내측면과 하부 플랜지(124)의 상면에 동시에 배치되는 것도 가능하다. 이하, 본 실시예에서는, 설명의 편의를 위하여 2개의 프리스트레스 기구(200, 300)가 정모멘트 구간(R1)에서 거더 웹(126)의 내측면을 따라 상하 방향으로 서로 평행하게 설치된 것으로 설명한다.
- [0102] 예를 들면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 프리스트레스 기구(200, 300)들은, 정모멘트 구간(R1)과 대응되는 길이로 마련된 제1 프리스트레스 기구(200), 및 제1 프리스트레스 기구(200)와 평행하도록 정모멘트 구간(R1)에 설치되고 제1 프리스트레스 기구(200)보다 짧은 길이로 마련된 제2 프리스트레스 기구(300)로 제공될 수 있다.
- [0103] 여기서, 제1 프리스트레스 기구(200)는, 도 1 내지 도 5에 도시된 프리스트레스 기구(200)와 동일한 구성요소로서, 그에 대한 상세한 설명은 생략하고 도면 번호도 동일하게 표시하기로 한다. 즉, 도 6의 (b), 도 6의 (c) 및 도 6의 (d)에 도시된 바와 같이, 제1 프리스트레스 기구(200)는, 정모멘트 구간(R1)에서 제1 상쇄 부모멘트(NM1)를 발생시키고, 부모멘트 구간(R2)에서 제1 상쇄 정모멘트(PM1)를 발생시킨다. 상기와 같은 제1 프리스트레스 기구(200)는, 정모멘트 구간(R1)에 대응되는 길이로 형성되어 정모멘트 구간(R1)의 내부에 좌우 방향으로 길게 설치될 수 있다.
- [0104] 또한, 제2 프리스트레스 기구(300)는, 제1 프리스트레스 기구(200)와 동일 유사한 구조로 형성되되, 거더 웹(126)의 내측면을 따라 상하방향으로 제1 프리스트레스 기구(200)와 평행하게 배치될 수 있다. 도 6의 (b), 도 6의 (c) 및 도 6의 (d)에 도시된 바와 같이, 제2 프리스트레스 기구(300)는, 제1 프리스트레스 기구(200)와 다른 크기의 프리스트레스를 정모멘트 구간(R1)에 제공할 수 있다.
- [0105] 상기와 같이 제2 프리스트레스 기구(300)는, 제1 프리스트레스 기구(200)보다 짧은 길이로 마련되되, 제1 프리스트레스 기구(200)보다 작은 프리스트레스를 합성 거더(120)의 정모멘트 구간(R1)에 제공하도록 형성될 수 있다. 본 실시예에서는, 제1 프리스트레스 기구(200)와 제2 프리스트레스(300)의 길이 및 프리스트레스를 최적화시켜 합성 거더(120)를 최적의 단면으로 감소시킬 수 있다.
- [0106] 도 9에 도시된 바와 같이, 합성 거더(120)의 하부에는, 제1 프리스트레스 기구(200)의 정착구(210)를 지지하기 위한 제1 정착구 보강재(230)가 마련될 수 있고, 제2 프리스트레스 기구(300)의 정착구(310)를 지지하기 위한 제2 정착구 보강재(330)가 마련될 수 있다.
- [0107] 여기서, 제1 정착구 보강재(230)는 도 5에 도시된 정착구 보강재(230)와 동일한 구조이기 때문에 그에 대한 자세한 설명은 생략한다. 반면에, 제2 프리스트레스 기구(300)는 거더 웹(126)의 내측면에만 배치된 구조이므로, 제2 정착구 보강재(330)를 해당 정착구(310)의 좌측과 우측에 마련하여 제2 프리스트레스 기구(300)의 정착구(310)를 효율적으로 지지할 수 있다.
- [0108] 상기와 같은 제2 정착구 보강재(330)는, 제1 정착구 보강재(230)와 동일 유사한 형상으로 합성 거더(120)의 표면에 돌출되되, 정착구(310)의 설치 위치에서 정착구(310)의 좌측부와 우측부에 걸쳐 지지하도록 마련될 수 있다. 정착구 보강재(330)는, 정착구(210)를 좌우 방향으로 지지하도록 정착구(310)의 좌측과 우측에 각각 배치될 수 있다. 즉, 정착구 보강재(330)는 정착구(310)의 좌측면과 우측면에 걸림되는 형상으로 거더 웹(126)의 내측면에 마련될 수 있다.
- [0109] 특히, 제2 정착구 보강재(330)는, 정착구(310)의 하부와 상부를 지지하도록 거더 웹(126)의 내측면에 한 쌍이 상하 방향으로 이격되게 배치될 수 있다. 즉, 제2 프리스트레스 기구(300)의 정착구(310)는, 하부 플랜지(124)에서 상측으로 이격된 위치에서 거더 웹(126)의 내측면에만 배치되는 구조이므로, 하부 플랜지(124)와 거더 웹(126)에 설치된 제1 프리스트레스 기구(200)의 정착구(210)보다 구조 안정성이 현저하게 저하될 수 있고, 그에 따라 제2 정착구 보강재(330)는 거더 웹(126)의 내측면에 복수개가 마련될 수 있다.
- [0110] 도 10은 본 발명의 다른 실시예에 따른 강-콘크리트 합성 연속교(100)의 프리스트레싱 설계 방법이 개략적으로 도시된 순서도이다.
- [0111] 상기와 같이 구성된 본 발명의 다른 실시예에 따른 강-콘크리트 합성 연속교(100)의 프리스트레싱 구조에 대한

설계 방법을 설명하면 다음과 같다.

- [0112] 도 6과 도 10를 참조하면, 본 발명의 실시시에 따른 강-콘크리트 합성 연속교(100)의 프리스트레싱 설계 방법은, 합성 거더(120)를 포함하는 강-콘크리트 합성 연속교(100)에 대한 유한요소해석의 기초 모델을 생성하는 단계(S1 참조), 비선형비탄성해석을 이용하여 합성 거더(120)의 정모멘트 구간(R1)과 부모멘트 구간(R2)을 도출하는 단계(S2~S3 참조), 정모멘트 구간(R1)의 거더 정모멘트(PM)를 상쇄하기 위한 제1 상쇄 부모멘트(NM1)를 발생시키기 위하여 정모멘트 구간(R1)에 배치되는 제1 프리스트레스 기구(200)의 설치 위치를 결정하는 단계(S4 참조), 제1 프리스트레스 기구(200)를 설치한 상태에서 합성 연속교(100)의 좌굴 해석을 통하여 정모멘트 구간(R1)에 적어도 하나가 배치되는 제2 프리스트레스 기구(300)의 설치 위치를 결정하는 단계(S5 참조), 제1,2 프리스트레스 기구(200, 300)를 설치한 상태에서 합성 연속교(100)의 좌굴 해석을 통하여 제1,2 프리스트레스 기구(200, 300)의 프리스트레스를 결정하는 단계(S6 참조), 및 제1,2 프리스트레스 기구(200, 300)의 해당 설치 위치와 해당 프리스트레스로 설치한 상태에서 합성 거더(120)의 단면을 감소시키면서 비선형비탄성해석을 통해 합성 연속교(100)의 최적 설계를 수행하는 단계(S7~S11 참조)를 포함할 수 있다.
- [0113] 먼저, 도 6의 (a) 및 도 10에 도시된 바와 같이, 합성 연속교(100)의 기초 모델을 생성하는 단계(S1)에서는, 비선형비탄성해석을 수행하기 위한 합성 연속교(100)의 기초 모델을 유한요소해석 방법으로 모델링된다.
- [0114] 그런 다음에는, 도 6의 (b) 및 도 10에 도시된 바와 같이, 정모멘트 구간(R1)과 부모멘트 구간(R2)을 도출하는 단계(S2~S3)에서는, 합성 연속교(100)의 기초 모델에 구조물의 자중을 재하하고(S2), 그 자중 해석에 따른 정모멘트 구간(R1)과 부모멘트 구간(R2)을 결정한다.(S3)
- [0115] 상기와 같이 정모멘트 구간(R1)과 부모멘트 구간(R2)은 합성 연속교(100)의 합성 거더(120)에 대한 자중해석을 통해서 합성 거더(120)의 길이 방향을 따라 확인 가능하다.
- [0116] 도 1의 (a) 및 도 10에 도시된 바와 같이, 제1 프리스트레스 기구(200)의 설치 위치를 결정하는 단계(S4)에서는, 제1 프리스트레스 기구(200)의 설치 위치를 정모멘트 구간(R1)에 대응되게 결정한다.
- [0117] 따라서, 제1 프리스트레스 기구(200)는, 정모멘트 구간(R1)에 대응되게 설치하여 정모멘트 구간(R1)의 거더 정모멘트(PM)를 상쇄하기 위한 제1 상쇄 부모멘트(NM1)를 발생시킨다.
- [0118] 상기와 같은 제1 프리스트레스 기구(200)의 정착구(210)는, 제1 프리스트레스 기구(200)의 길이가 정모멘트 구간(R1)의 좌우 길이에 대응하도록 정모멘트 구간(R1)의 내부에 설치 위치를 적절하게 설정한다. 일례로, 제1 프리스트레스 기구(200)의 정착구(210)에 대한 설치 위치는, 정모멘트 구간(R1)의 내부에 설정하되, BUCKLE 옵션을 사용하여 좌굴해석을 실시한 후 프리스트레스에 의한 초기좌굴형상이 발생하는 위치를 확인하여 설치 위치를 결정한다.
- [0119] 도 1의 (a) 및 도 10에 도시된 바와 같이, 적어도 하나의 제2 프리스트레스 기구(300)의 설치 위치를 결정하는 단계(S5)에서는, 제1 프리스트레스 기구(200)의 설치 위치와 다른 설치 위치를 가지도록 제2 프리스트레스 기구(300)의 설치 위치를 정모멘트 구간(R1)에서 결정한다.
- [0120] 따라서, 적어도 하나의 제2 프리스트레스 기구(300)는, 정모멘트 구간(R1)에 설치하여 제1 프리스트레스 기구(200)과 함께 정모멘트 구간(R1)의 거더 정모멘트(PM)를 상쇄하기 위한 제2 상쇄 부모멘트(NM2)를 발생시킨다. 즉, 합성 거더(120)의 거더 정모멘트(PM)는 제1 프리스트레스 기구(200)의 제1 상쇄 부모멘트(NM1)와 제2 프리스트레스 기구(300)의 제2 상쇄 부모멘트(NM2)를 합한 상쇄 부모멘트의 총합에 의해 상쇄될 수 있다.
- [0121] 이하, 본 실시예에서는 단수개의 제2 프리스트레스 기구(300)가 정모멘트 구간(R1)에 설치되는 것으로 설명하지만, 이에 한정되는 것은 아니며 설계 조건 및 상황에 따라 복수개의 제2 프리스트레스 기구(300)가 정모멘트 구간(R1)에 설치될 수도 있다. 다만, 복수개의 제2 프리스트레스 기구(300)가 정모멘트 구간(R1)에 설치되는 경우, 복수개의 제2 프리스트레스 기구(300)는 서로 다른 길이와 프리스트레스로 서로 다른 위치에 설치되는 것이 바람직하다.
- [0122] 상기와 같은 제2 프리스트레스 기구(300)의 정착구(310)는, 제1 프리스트레스 기구(200)보다 제2 프리스트레스 기구(300)의 길이가 짧도록 정모멘트 구간(R1)에서 제1 프리스트레스 기구(200)와 평행하게 설정한다. 일례로, 제2 프리스트레스 기구(300)의 정착구(310)에 대한 설치 위치는, 정모멘트 구간(R1)의 내부에 설정하되, 제1 프리스트레스 기구(200)를 설치한 상태에서 설치 위치를 적절하게 가변하면서 합성 연속교(100)의 좌굴 해석을 통해 정착구(310)의 설치 위치를 결정한다.
- [0123] 도 10에 도시된 바와 같이, 제1,2 프리스트레스 기구(200, 300)의 프리스트레스를 결정하는 단계(S6)에서는, 제

1,2 프리스트레스 기구(200, 300)를 설치한 상태에서 제1,2 프리스트레스 기구(200, 300)의 프리스트레스에 대한 배분 비율을 변경하면서 합성 거더(120)의 좌굴 해석을 실시하고, 좌굴해석을 통해 가장 효과적인 프리스트레스를 결정한다. 이때, 제1,2 프리스트레스 기구(200, 300)는 해당 프리스트레스를 기준으로 긴장재(220, 320)의 재원도 결정한다.

- [0124] 도 10에 도시된 바와 같이, 합성 연속교(100)의 최적 설계를 수행하는 단계(S7~S11)에서는, 제1,2 프리스트레스 기구(200, 300)를 해당 설치 위치에 해당 프리스트레스로 설치한 상태에서 합성 거더(120)의 단면을 감소시키면서 비선형비탄성해석을 통해 최적 설계를 진행한다.
- [0125] 도 6의 (c)와 (d)에 도시된 바와 같이, 제1,2 프리스트레스 기구(200, 300)를 합성 거더(120)에 설치하면, 제1,2 프리스트레스 기구(200, 300)의 프리스트레스에 의해 정모멘트 구간(R1)의 거더 정모멘트(PM)와 부모멘트 구간(R2)의 거더 부모멘트(NM)가 대폭 변화한다.
- [0126] 예를 들면, 도 6의 (b)에 도시된 거더 정모멘트(PM)와 거더 부모멘트(NM)는, 도 1의 (c)에 도시된 제1,2 프리스트레스 기구(200, 300)의 제1,2 상쇄 정모멘트(PM1, PM2)와 제1,2 상쇄 부모멘트(NM1, NM2)에 의해 상쇄되고, 도 1의 (d)에 도시된 거더 정모멘트(PM)와 거더 부모멘트(NM)의 변화값(total PM, total NM)이 도출될 수 있다.
- [0127] 이때, 본 실시예에서는 합성 거더(120)의 단면을 감소시키면서 비선형비탄성해석을 통하여 합성 거더(120)의 최적 단면을 찾을 수 있다.
- [0128] 즉, 합성 연속교(100)의 최적 설계를 수행하는 단계(S7~S11)에서는, 비선형비탄성해석을 통해서 합성 연속교(100)의 극한하중상태에서 하중저항능력을 만족시킴과 아울러 미리 설정된 합성 연속교(100)의 사용성 기준을 만족시키도록 합성 연속교(100)의 최적 설계가 이루어질 수 있다. 만약, 합성 연속교(100)의 극한하중상태에서 하중저항능력을 만족시키지 못하거나 미리 설정된 합성 연속교(100)의 사용성 기준을 만족시키지 못하면, 합성 거더(120)의 단면을 감소시키면서 비선형비탄성해석에 의한 최적 설계를 반복적으로 수행한다. 따라서, 본 실시예에서는, 하중저항능력 및 사용성 기준을 만족시키는 최적 설계를 통하여 합성 거더(120)의 최적 단면 및 프리스트레스 기구(200)에 의한 최적 프리스트레싱 방법을 도출할 수 있다.
- [0129] 전술한 바와 같이, 강-콘크리트 합성 연속교(100)의 프리스트레싱 설계 방법은, 유한요소해석을 위한 합성 연속교(10)의 기초 모델을 활용하여 비선형비탄성해석을 수행한 결과, 합성 거더(120)의 좌굴해석을 고려하여 2단으로 프리스트레스를 도입할 경우, 34% 더 큰 프리스트레스를 도입할 수 있었다.
- [0130] 또한, 좌굴 하중을 통해 제1,2 프리스트레스 기구(200, 300)의 프리스트레스를 산정하여 프리스트레스를 도입할 경우, 자중에 의한 합성 연속교(10)의 처짐이 50% 감소하였으며, 극한강도는 45% 증가하였다.
- [0131] 또한, 동일 형고의 합성 연속교(100)를 설계할 경우, 제1,2 프리스트레스 기구(200, 300)의 프리스트레스 도입을 통해 합성 거더(120)의 강재 사용량을 약 12% 더 줄일 수 있었다.
- [0132] 또한, 제1,2 프리스트레스 기구(200, 300)를 도입하여 합성 거더(120)의 형고를 변화시킬 경우, 형고를 2.6m에서 2.1m로 약 19% 감소시켜 교량의 미관을 개선할 수 있었으며, 강재 사용량을 줄여 장경간-저형고 타입의 교량 제작에 비용적으로도 매우 효과적일 수 있었다.
- [0134] 본 발명의 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CDROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [0135] 이상과 같이 본 발명의 실시예에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한

수정 및 변형이 가능하다. 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 청구범위뿐 아니라 이 청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

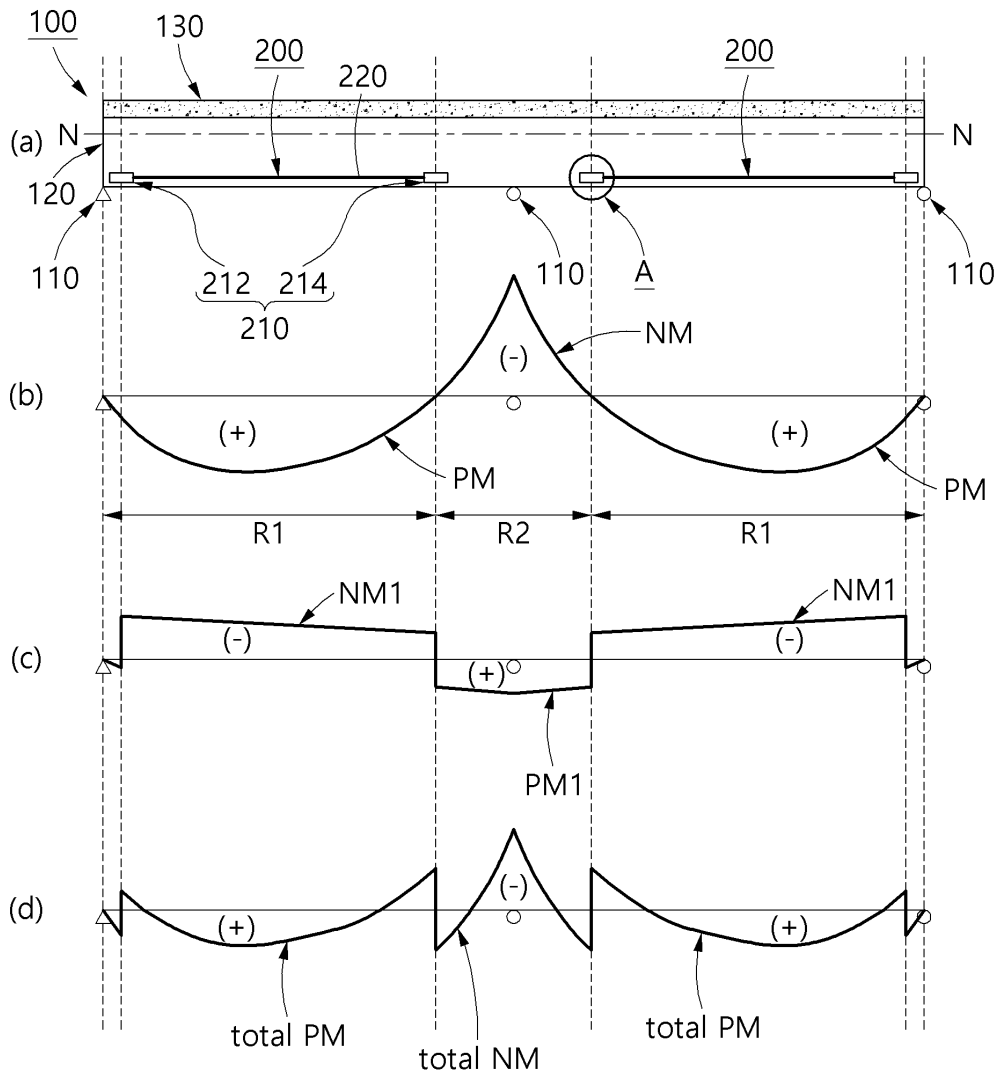
부호의 설명

[0136]

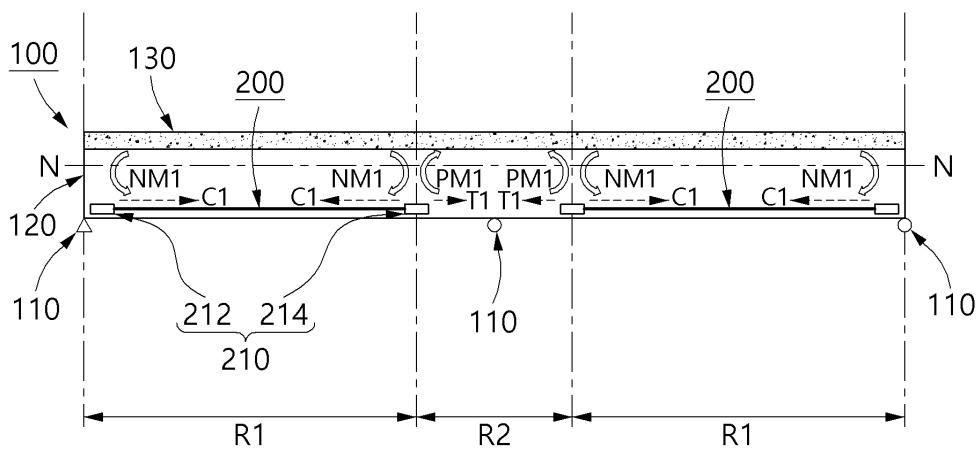
- 100: 연속교
- 110: 지점부
- 120: 합성 거더
- 130: 교량 슬래브
- 200: 프리스트레스 기구, 제1 프리스트레스 기구
- 210, 310: 정착구
- 220, 320: 긴장재
- 230, 330: 정착구 보강재
- 300: 프리스트레스 기구, 제2 프리스트레스 기구
- R1: 정모멘트 구간
- R2: 부모멘트 구간
- PM: 거더 정모멘트
- NM: 거더 부모멘트
- PM1: 제1 상쇄 정모멘트
- NM1: 제1 상쇄 부모멘트
- PM2: 제2 상쇄 정모멘트
- NM2: 제2 상쇄 부모멘트

도면

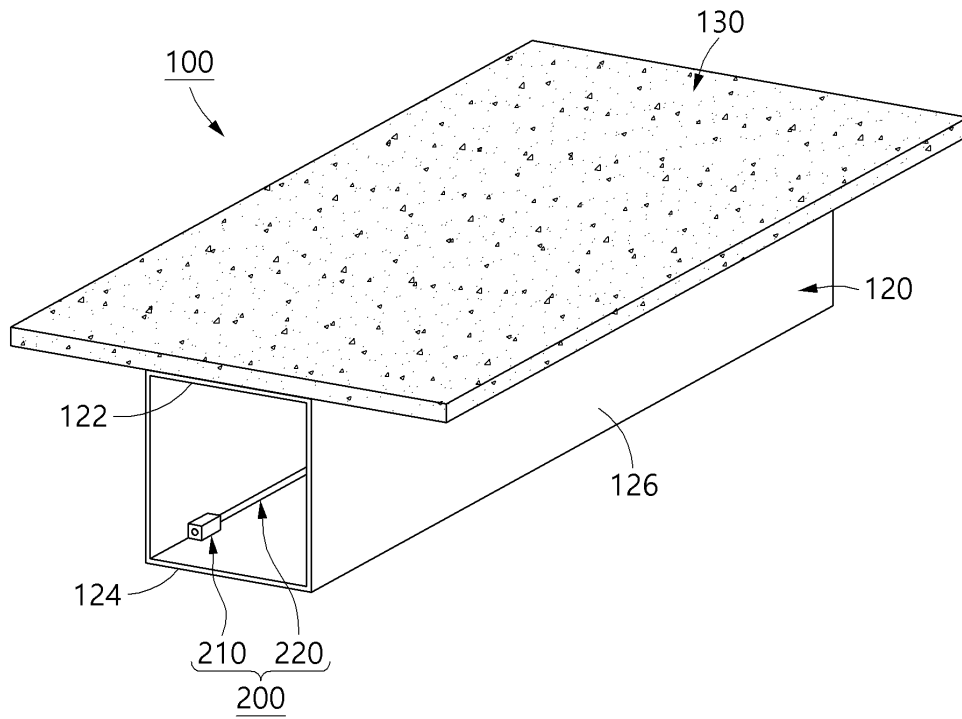
도면1



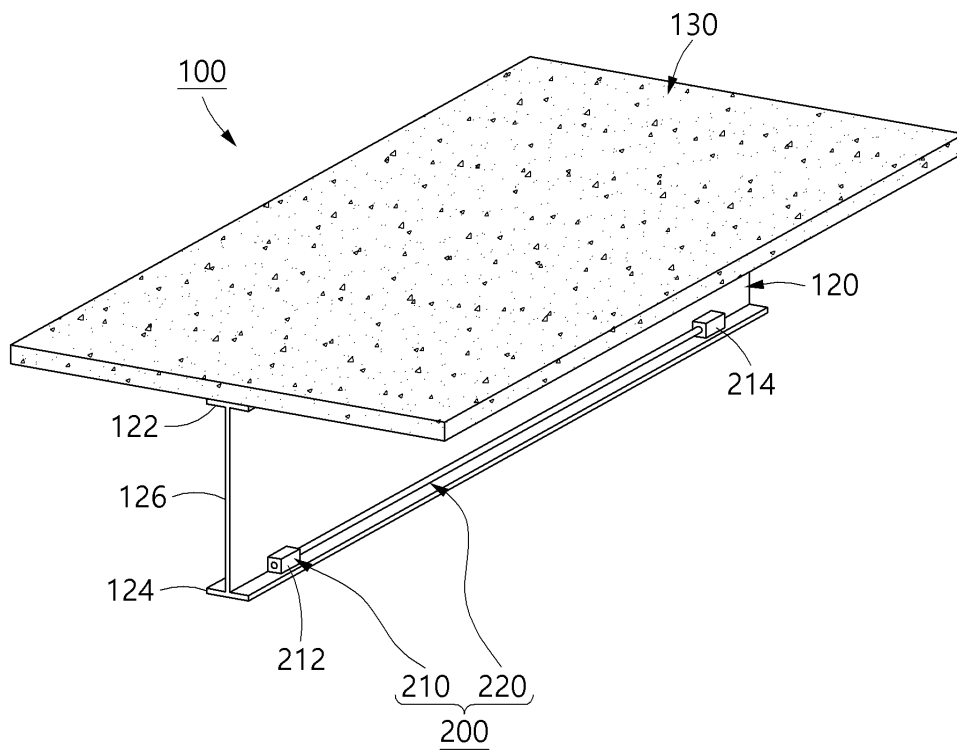
도면2



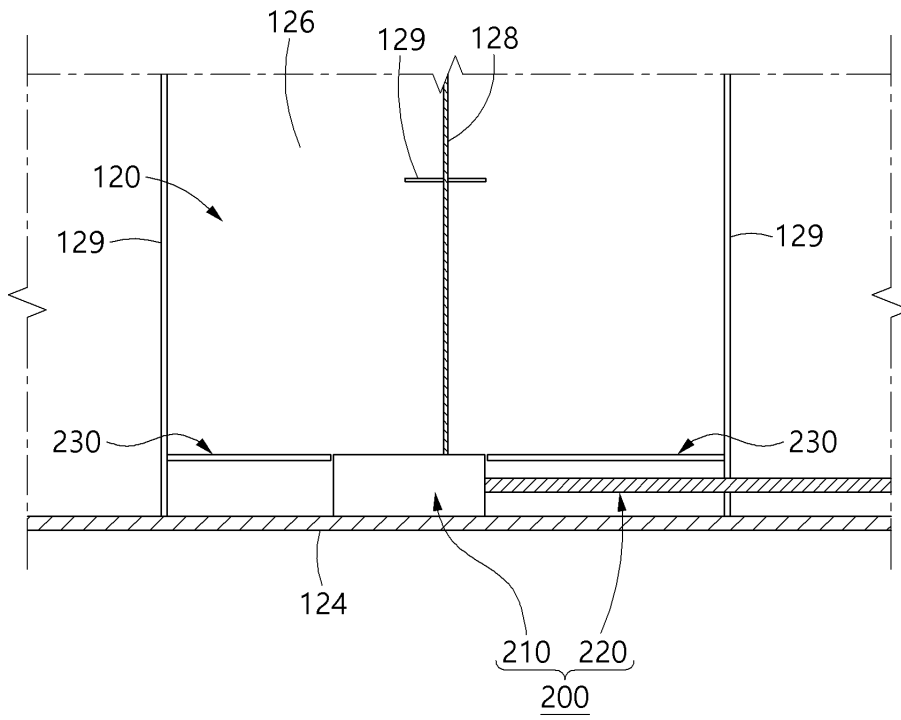
도면3



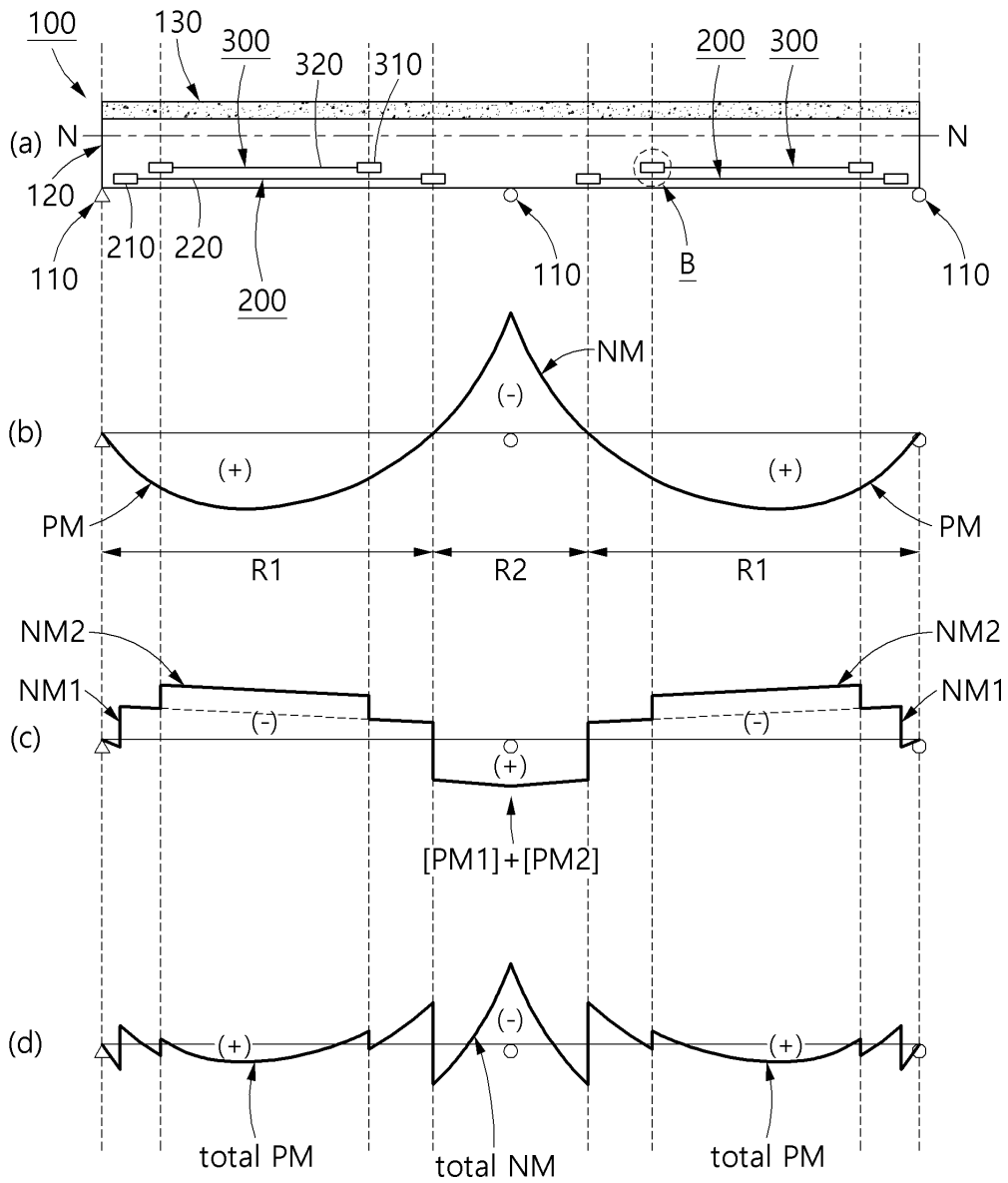
도면4



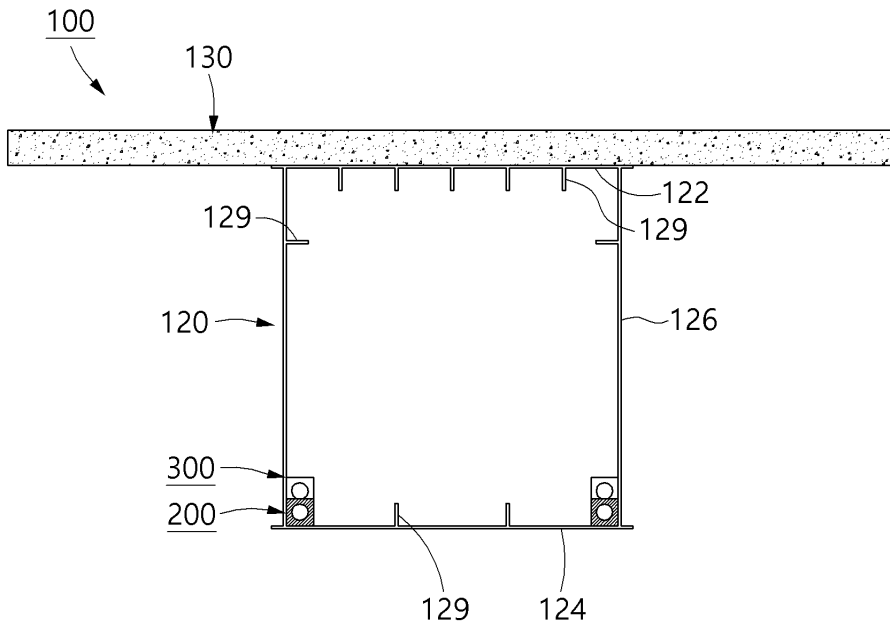
도면5



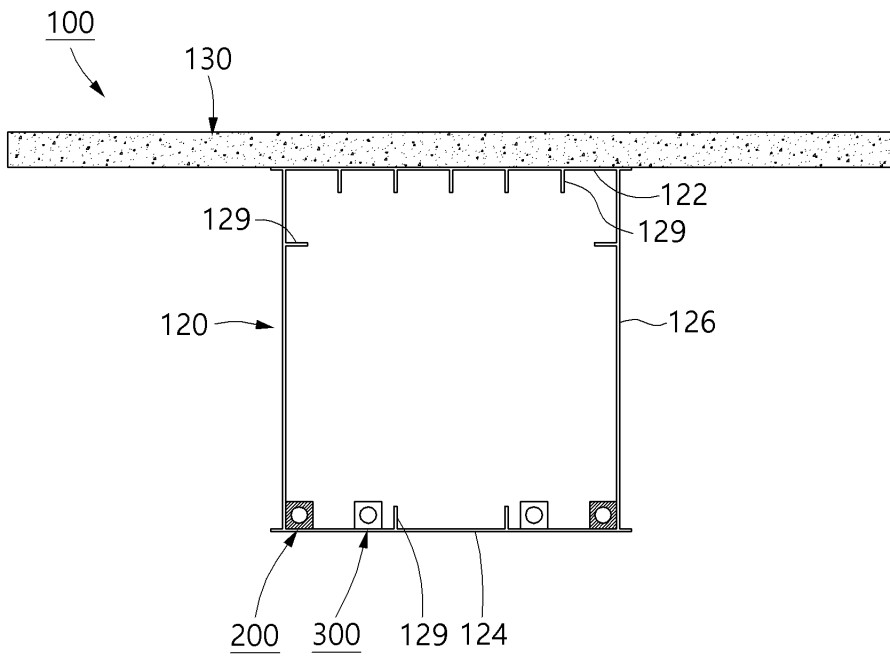
도면6



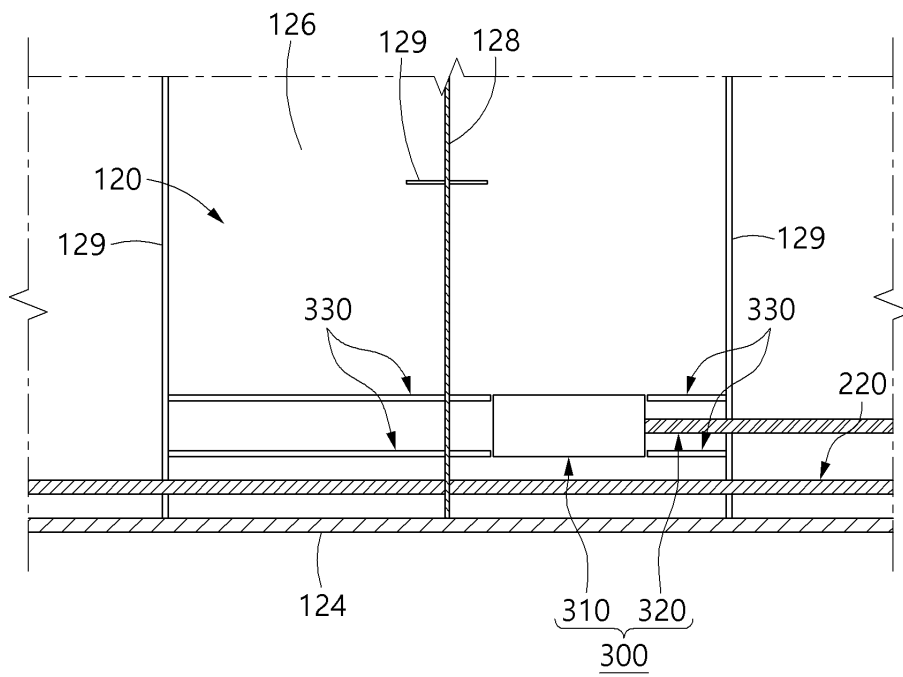
도면7



도면8



도면9



도면10

