



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년03월10일
(11) 등록번호 10-2226013
(24) 등록일자 2021년03월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C04B 16/06 (2006.01) C04B 14/06 (2006.01)
C04B 14/48 (2006.01) C04B 18/14 (2006.01)
C04B 20/00 (2006.01) C04B 41/45 (2006.01)
C04B 103/30 (2006.01) C04B 111/72 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C04B 16/0625 (2013.01)
C04B 14/06 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0023671

(22) 출원일자 2020년02월26일

심사청구일자 2020년02월26일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020190075661 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

윤영수

서울특별시 강남구 도산대로101길 29, 104동 1203호(청담동, 청담현대3차아파트)

원천봉

서울특별시 성북구 보문로34길 69, 409호(동선동1가)

유선재

서울특별시 서초구 효령로49길 57, 203동 901호(서초동, 서초2차이편한세상)

(74) 대리인

특허법인 제나

전체 청구항 수 : 총 2 항

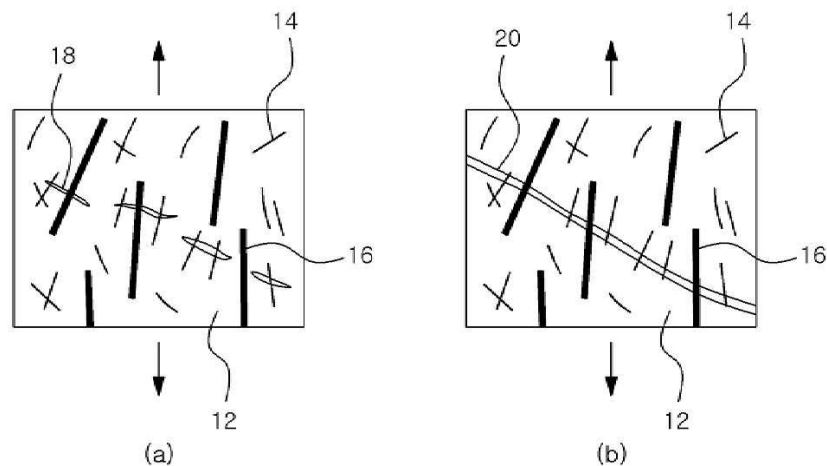
심사관 : 이상원

(54) 발명의 명칭 내충격성 보강용 콘크리트 조성물 및 콘크리트 부재 보강 구조

(57) 요약

내충격성 보강용 콘크리트 조성물 및 콘크리트 부재 보강 구조가 개시된다. 본 발명의 일 측면에 따르면, 콘크리트 구조물의 내충격성 보강용 콘크리트 조성물로서, 시멘트 100 중량부에 대하여, 혼화재 25 내지 30 중량부와; 물 20 내지 22 중량부와; 고성능 감수제 0.5 내지 1.5 중량부를 포함하고, 상기 시멘트 부피에 대하여 폴리에틸렌 섬유(Polyethylene fiber)와 강 섬유(steel fiber)가 1.5 vol.%로 혼입되는, 내충격성 보강용 콘크리트 조성물이 제공된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C04B 14/48 (2013.01)
C04B 18/149 (2013.01)
C04B 20/0052 (2013.01)
C04B 41/45 (2013.01)
C04B 2103/302 (2013.01)
C04B 2111/72 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

콘크리트학회, Vol. 24, No. 3, pp. 233~240,
 (2012. 6. 30.) 1부.*
 한국구조물진단학회, Vol. 19, No. 4, pp.
 049-056, (2015. 7. 31.) 1부.*
 JP2001240450 A
 KR1020100051442 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1615011342
과제번호	151911
부처명	국토교통부
과제관리(전문)기관명	국토교통과학기술진흥원
연구사업명	국토교통기술촉진연구(R&D)
연구과제명	인간공학적 대피로 확보를 고려한 SOC 시설물 내 대피시설(SIP) 최적화 설계 기술

개발

기 여 율	1/1
과제수행기관명	고려대학교산학협력단
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

콘크리트 구조물을 피복하여 내충격성을 보장하는 콘크리트 조성물로서,
시멘트 100 중량부에 대하여,
혼화제로써 실리카 흙(silica fume) 25 내지 30 중량부와;
물 20 중량부와;
고성능 감수제 0.5 내지 1.5 중량부와;
충전제로 실리카 플로어(silica flour) 30 내지 35 중량부를 포함하고,
상기 시멘트 부피에 대하여 폴리에틸렌 섬유(Polyethylene fiber)와 강 섬유(steel fiber)가 1.5 vol.%로 혼입
되되, 상기 강 섬유의 부피비가 상기 폴리에틸렌 섬유의 부피비 보다 크게 혼입되며,
상기 폴리에틸렌 섬유를 단(短)섬유로, 상기 폴리에틸렌 섬유 보다 긴 강 섬유를 장(長)섬유로 혼입되되, 상기
폴리에틸렌 섬유의 길이는 12 내지 18mm이고 상기 강 섬유의 길이는 18 내지 20mm 인 것에서 상기 강 섬유가 상
기 폴리에틸렌 섬유보다 길게 선택되며,
상기 시멘트와 상기 실리카 흙이 결합재를 이루게 되며, 물-결합재비(w/b)가 0.153 ~ 0.16인 것을 특징으로 하
는, 내충격성 보강용 콘크리트 조성물.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

콘크리트 부재와;

상기 콘크리트 부재의 외주면을 피복하는 제1항에 따른 내충격성 보강용 콘크리트 조성물을 포함하는, 콘크리트
부재 보강 구조.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 내충격성 보강용 콘크리트 조성물 및 콘크리트 부재 보강 구조에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 폴리에틸렌 섬

유(Polyethylene fiber)와 강 섬유(steel fiber)를 혼입하여 미세균열의 제어와 가교 역할의 증진을 통해 콘크리트 구조물의 내충격성을 증진시킬 수 있는 내충격성 보강용 콘크리트 조성물 및 콘크리트 부재 보강 구조에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 최근, 지진, 테러 및 폭발에 관한 위협이 증가하면서, 콘크리트 구조물의 충격 하중 및 동적 하중에 대한 저항 능력 즉, 내충격성이 매우 중요해지고 있다.
- [0004] 충격 하중은 일반적인 구조설계 및 평가에서 다루는 정하중 대비 매우 빠른 변형 속도를 가지며 이에 따라 정하중 상태와는 다른 특성을 나타내므로, 콘크리트 구조부재의 내충격 평가에 대한 고려가 필요하다. 충격 하중을 받는 콘크리트 부재는 매우 짧은 시간에 높은 에너지가 발생하기 때문에 응력집중으로 인한 국부적인 파괴가 발생하기 쉬우므로 일반 철근 콘크리트 구조물로는 충격 하중을 저항하는데 한계가 있다.
- [0005] 기존의 일반적인 콘크리트 구조물은 충격 하중을 받을 시 물체의 관입 현상으로 Shear Plugging 현상이나 스폐링(spalling)이 발생할 수 있으며, 이로 인해 콘크리트 부재의 전단파괴가 발생하기 쉽다. 또한, 초고층 건물에서 충격 하중에 의한 콘크리트의 비산물은 2차 피해로 이어져 큰 인명 피해를 일으킬 수 있다.
- [0006] 따라서, 내충격성이 강화된 콘크리트 보강 구조 개발에 대한 연구가 필요한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제10-1341179호(2013년12월13일 공고)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 폴리에틸렌 섬유(Polyethylene fiber)와 강 섬유(steel fiber)를 혼입하여 미세균열의 제어와 가교 역할의 증진을 통해 콘크리트 구조물의 내충격성을 증진시킬 수 있는 내충격성 보강용 콘크리트 조성물 및 콘크리트 부재 보강 구조를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0011] 본 발명의 일 측면에 따르면, 콘크리트 구조물의 내충격성 보강용 콘크리트 조성물로서, 시멘트 100 중량부에 대하여, 혼화재 25 내지 30 중량부와; 물 20 내지 22 중량부와; 고성능 감수제 0.5 내지 1.5 중량부를 포함하고, 상기 시멘트 부피에 대하여 폴리에틸렌 섬유(Polyethylene fiber)와 강 섬유(steel fiber)가 1.5 vol.%로 혼입되는, 내충격성 보강용 콘크리트 조성물이 제공된다.
- [0012] 상기 내충격성 보강용 콘크리트 조성물에는, 상기 폴리에틸렌 섬유를 단(短)섬유로, 상기 폴리에틸렌 섬유 보다 긴 강 섬유를 장(長)섬유로 혼입될 수 있다.
- [0013] 상기 시멘트 부피에 대하여, 상기 강 섬유의 부피비가 상기 폴리에틸렌 섬유의 부피비 보다 크게 혼입될 수 있다.
- [0014] 상기 폴리에틸렌 섬유의 길이는 12 내지 18mm이고 상기 강 섬유의 길이는 18 내지 20mm 인 것에서 상기 강 섬유가 상기 폴리에틸렌 섬유보다 길게 선택될 수 있다.
- [0015] 상기 혼화제는 실리카 흙(silica fume)일 수 있다.
- [0016] 상기 내충격성 보강용 콘크리트 조성물은, 충전제로 실리카 플로어(silica flour) 30 내지 35 중량부를 더 포함할 수 있다.
- [0017] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 콘크리트 부재와; 상기 콘크리트 부재의 외주면을 피복하는 상기 내충격성 보강용 콘크리트 조성물을 포함하는, 콘크리트 부재 보강 구조가 제공된다.

발명의 효과

[0019] 본 발명의 실시예에 따른 내충격성 보강용 콘크리트 조성물 및 콘크리트 부재 보강 구조는, 폴리에틸렌 섬유(Polyethylene fiber)와 강 섬유(steel fiber)를 혼입하여 미세균열의 제어와 가교 역할의 증진을 통해 콘크리트 구조물의 내충격성을 증진시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 내충격성 보강용 콘크리트 조성물의 내충격성을 설명하기 위한 도면.
 도 2은 본 발명의 일 실시예에 따른 내충격성 보강용 콘크리트 조성물로 보강된 콘크리트 부재를 도시한 도면.
 도 3은 도 2의 A-A'선에 따른 단면도.
 도 4는 일반 콘크리트 조성물로 이루어진 콘크리트 보의 단면을 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0023] 이하, 본 발명에 따른 내충격성 보강용 콘크리트 조성물 및 콘크리트 부재 보강 구조의 실시예를 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

[0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 내충격성 보강용 콘크리트 조성물의 내충격성을 설명하기 위한 도면이다. 그리고, 도 2은 본 발명의 일 실시예에 따른 내충격성 보강용 콘크리트 조성물로 보강된 콘크리트 부재를 도시한 도면이고, 도 3은 도 2의 A-A'선에 따른 단면도이며, 도 4는 일반 콘크리트 조성물로 이루어진 콘크리트 보의 단면을 도시한 도면이다.

[0025] 도 1 내지 도 4에는, 콘크리트(12), 폴리에틸렌 섬유(14), 강 섬유(16), 미세균열(18), 균열(20), 콘크리트 부재(22), 철근(24), 내충격성 보강용 콘크리트(26), 일반 콘크리트 보(28)가 도시되어 있다.

[0026] 본 실시예에 따른 내충격성 보강용 콘크리트 조성물은, 콘크리트 구조물의 내충격성 보강용 콘크리트 조성물로서, 시멘트 100 중량부에 대하여, 혼화재 25 내지 30 중량부와; 물 20 내지 22 중량부와; 고성능 감수제 0.5 내지 1.5 중량부를 포함하고, 상기 시멘트 부피에 대하여 폴리에틸렌 섬유(Polyethylene fiber, PE 섬유)와 강 섬유(steel fiber)가 1.5 vol%로 혼입된다.

[0027] 본 실시예에 따른 내충격성 보강용 콘크리트 조성물(26)은, 도 2에 도시된 바와 같이, 일반 콘크리트 배합으로 이루어진 콘크리트 부재(22)의 표면에 피복되어 콘크리트 구조물의 내충격을 향상시킬 수 있다. 이에 따라 본 실시예에 따른 내충격성 보강용 콘크리트 조성물(26)의 미장 등에 의한 피복(26)을 위해 슬럼프(slump)가 거의 제로(zero)에 가깝게 배합설계가 이루어진다.

[0028] 보다 자세히 살펴보면, 상기 조성물에서 시멘트와 혼화재는 결합재(binder)로 역할을 하는데, 물-결합재비(w/b)의 선정에 의해 콘크리트의 소요의 강도, 내구성 및 수밀성을 결정한다. 이러한 물-결합재비는 굳지 않은 콘크리트의 슬럼프(slump)에 영향을 미치는데 물-결합재비가 낮을 경우 슬럼프가 작게 되어 콘크리트 조성물은 점성을 갖게 된다.

[0029] 본 실시예에서는 물-결합재비가 0.153 ~ 0.176 정도로 낮게 배합하여 슬럼프가 거의 '0'(zero)가 되도록 하여, 배합된 굳지 않은 콘크리트가 점성(viscosity) 갖도록 배합하였다. 이러한 점성의 굳지 않은 내충격성 보강용 콘크리트 조성물(26)은 도 2에 도시된 바와 같이, 일반 콘크리트 부재(22)에 피복되더라도 콘크리트의 흐름의 발생하지 않아 보강을 위한 피복 두께의 확보에 용이하다.

[0030] 본 실시예에 따른 내충격성 보강용 콘크리트 조성물은, 시멘트 100 중량부에 대하여, 혼화재 25 내지 30 중량부와; 물 20 내지 22 중량부가 배합된다. 상술한 바와 같이 시멘트와 혼화재는 결합재를 형성하는데, 결합재는 시

멘트와 혼화제의 합에 의해 125 중량부 내지 130 중량부에 해당되고, 물 20 내지 22 중량부에 대해 물-결합재비를 산출하면 0.153 ~ 0.176으로 매우 낮은 물-결합재비를 갖게 된다.

- [0031] 상기 결합재에 대해 물의 함량이 20 중량부 미만이면 물의 함량 부족으로 수화작용에 필요한 물의 양이 부족할 수 있고, 물의 함량이 22 중량부 이상이면 물-결합재비가 높아져 배합 후 콘크리트에 슬럼프가 발생할 우려가 있다.
- [0032] 시멘트로는 보통 포틀랜드 시멘트, CSA(calcium sulfo aluminate)계 시멘트 등이 사용될 수 있다.
- [0033] 혼화제는 콘크리트의 유동성 및 작업성을 향상시키고 시멘트 입자 사이의 공극에 충전되어 콘크리트의 조직을 치밀하게 하여 콘크리트의 성능을 개선하는데, 혼화제로는 플라이 애쉬(fly ash), 고로 슬래그(blast furnace slag), 실리카 흙(silica fume) 등이 사용될 수 있다. 이러한 혼화제는 콘크리트의 수밀성을 향상하여 강도를 증진하거나, 콘크리트의 내화성 등의 콘크리트의 성능을 개선할 수 있다.
- [0034] 본 실시예에서는 혼화제로서 실리카 흙(silica fume)을 사용한 형태를 제시한다. 실리카 흙은 시멘트 입자 사이의 공극 및 불연속 영역을 충전하여 고밀도화하는 미세 충전효과와 시멘트 수화 시 발생하는 수산화칼슘과의 포졸란 반응으로 물 배합이 적은 콘크리트의 강도를 향상시킬 수 있다.
- [0035] 혼화제가 25 내지 30 중량부의 범위를 벗어나면 일반 콘크리트의 피복을 위한 제로 슬럼프(zero slump)와 콘크리트의 강도를 확보할 수 없을 수 있다.
- [0036] 한편, 본 실시예에서는 실리카 흙과 더불어 충전재로 실리카 플로어(silica flour)를 30 내지 35 중량부를 더 포함하여 배합할 수 있다.
- [0037] 실리카 플로어는 SiO₂ 성분이 90% 이상인 규사를 분말로 만든 것인데, 시멘트와 잔골재 입자 사이의 공극에 필러 역할을 하여 실리카 흙의 포졸란 반응에 의해 생성된 물질과 더불어 콘크리트를 더욱 밀실한 구조로 만들어 본 실시예에 따른 내충격성 보강용 콘크리트의 강도를 크게 향상시킬 수 있다.
- [0038] 실리카 플로어는 혼합재의 배합량에 연동되어 결정될 수 있는데, 실리카 플로어가 30 내지 35 중량부의 범위를 벗어나면 피복을 위한 제로 슬럼프와 콘크리트의 강도를 확보할 수 없을 수 있다.
- [0039] 고성능 감수제는 화학 혼화제로서 콘크리트의 성질을 개선할 목적으로 투입되는데 0.5 내지 1.5 중량부로 투입된다.
- [0040] 상술한 바와 같이 본 실시예에 따른 내충격성 보강용 콘크리트 조성물은 낮은 물-결합재비로 배합이 이루어짐과 아울러 후술할 폴리에틸렌 섬유와 강 섬유가 혼입되기 때문에, 섬유의 분산 과정에서 유동성을 확보하기 위해 고성능 감수제가 투입된다. 고성능 감수제의 투입으로 인해 낮은 물-결합재비임에도 불구하고 섬유의 분산을 통해 뭉침을 방지하여 콘크리트의 균일한 재료의 특성을 얻을 수 있다.
- [0041] 본 실시예에 따른 내충격성 보강용 콘크리트 조성물에는, 시멘트 부피에 대하여 폴리에틸렌 섬유(Polyethylene fiber)와 강 섬유(steel fiber)가 1.5 vol%로 혼입된다.
- [0042] 폴리에틸렌 섬유유(Polyethylene fiber, PE 섬유)와 강 섬유(steel fiber)는 시멘트의 부피에 대한 부피비(vol.%)로 투입량이 결정된다. 배합 시 투입되는 시멘트의 중량을 시멘트의 밀도로 나눈 값을 시멘트 부피로 환산하여 계산할 수 있는데, 환산된 시멘트 부피에 대하여 폴리에틸렌 섬유와 강 섬유 합이 1.5 vol%로 혼입된다.
- [0043] 그리고, 본 실시예에서는, 폴리에틸렌 섬유를 단(短)섬유로, 폴리에틸렌 섬유 보다 긴 강 섬유를 장(長)섬유로 혼입할 수 있다. 즉, 강 섬유를 폴리에틸렌 섬유의 길이 보다 길게 하여 콘크리트 내에 혼입하는 것이다.
- [0044] 도 1은 본 일 실시예에 따른 내충격성 보강용 콘크리트 조성물의 내충격성을 설명하기 위한 도면인데, 도 1을 참조하면, 단섬유인 폴리에틸렌 섬유(14)는, 도 1의 (a)에 도시된 바와 같이, 콘크리트(12)에 충격 하중이 가해질 때 초기 균열발생 시 미세균열(18)을 제어하여 콘크리트(12)에 발생하는 에너지를 분산시켜 높은 인장 강도를 발휘하도록 하며, 장섬유인 강 섬유(16)는, 도 1의 (b)에 도시된 바와 같이, 균열(20)이 확대될 때 가교 역할로 균열(20)의 확산을 방지하여 콘크리트의 연성(延性)을 증진하는 역할을 한다.
- [0045] 시멘트 부피에 대하여, 강 섬유와 폴리에틸렌 섬유는 강 섬유의 부피비가 폴리에틸렌 섬유의 부피비 보다 크게 혼입되며, 폴리에틸렌 섬유의 길이는 12 내지 18mm이고 강 섬유의 길이는 18 내지 20mm 인 것에서 강 섬유가 폴리에틸렌 섬유보다 길게 선택될 수 있다. 예를 들어 폴리에틸렌 섬유의 길이를 18mm로 선택한 경우 강 섬유의

길이는 이보다 긴 19.6mm를 선택할 수 있다.

이하의 실시예를 통하여 본 발명에 따른 내충격성 보강용 콘크리트 조성물을 설명하기로 한다. 다만, 하기의 실시예는 본 발명을 예시하기 위한 것이므로 이들만으로 본 발명을 한정하는 것은 아니다.

(실시예)

실시예는, [표 1]에 기재된 바와 같이, 낮은 물-결합재비로 슬럼프(slump)가 거의 발생하지 않도록, 시멘트 100 중량부에 실리카 흙을 25 중량부를 더해 결합재의 양(125 중량부)을 일정하게 하고, 이에 대해 물의 양을 20 중량부를 배합한 실시예 집단(실시예 1 내지 실시예 3)과, 물의 양을 22 중량부로 배합한 실시예 집단(실시예 4 내지 실시예 6)으로 구분하였다.

그리고, 시멘트 부피에 대하여 폴리에틸렌 섬유(PE 섬유)를 1.0 vol.%, 강 섬유를 0.5 vol.% 로 혼입하되, 각 실시예 집단에 대해서 PE 섬유를 단섬유로, 강 섬유를 장섬유로 길이를 달리하여 콘크리트를 배합하였다.

표 1

구분	배합비(시멘트 100 중량부에 대한 중량부)									
	결합재		물	잔골재	고성능 감수제	충전재 실리카 플로어	섬유			
	시멘트	실리카 흙					PE 섬유		강 섬유	
							혼입량 (vol.%)	길이 (mm)	혼입량 (vol.%)	길이 (mm)
실시예1	100	25	20	110	1.0	30	0.5	12	1.0	18
실시예2	100	25	20	110	1.0	30	0.5	12	1.0	19.6
실시예3	100	25	20	110	1.0	30	0.5	18	1.0	19.6
실시예4	100	25	22	110	1.0	30	0.5	12	1.0	18
실시예5	100	25	22	110	1.0	30	0.5	12	1.0	19.6
실시예6	100	25	22	110	1.0	30	0.5	18	1.0	19.6

* [표 1]의 값은 시멘트 100 중량부에 대해 해당 조성물의 중량부로 나타낸 것임. 단, 섬유 혼입량은 시멘트 부피에 대하여 vol.%로 나타낸 것임.

각 실시예에 대한 배합비는 상기 [표 1]과 같으며, [표 1]의 실시예의 배합으로 제작된 내충격성 보강용 콘크리트에 대해 KS F 2402(콘크리트 슬럼프 시험)에 따라 슬럼프 테스트를 진행한 결과, [표 2]에 기재된 바와 같이, 모두 슬럼프 값이 '0'(zero)으로 나타났다.

표 2

구분	물-결합재비 (w/b)	슬럼프 (mm)	압축강도(f_{ck}) (MPa)	휨강도(f_t) (MPa)	변형률(ϵ_t) (%)
실시예1	0.16	0	116.2	9.94	2.3
실시예2	0.16	0	123.2	10.78	2.24
실시예3	0.16	0	123.3	8.46	1.44
실시예4	0.176	0	117.3	9.77	2.83
실시예5	0.176	0	123.4	10.58	2.84
실시예6	0.176	0	122.9	8.55	2.15

그리고, [표 1]의 실시예의 배합에 따라 콘크리트 공시체에 대하여 KS F 2405(콘크리트 압축강도 시험방법), KS F 2408(콘크리트 휨강도 시험방법)에 의해 압축강도와 휨강도를 시험한 결과, [표 2]에 기재된 바와 같이, 일반 콘크리트 배합에 비해 높은 압축강도와 휨강도를 나타내었다. 압축강도의 경우, 아래의 일반적인 콘크리트 배합인 아래의 비교예 1의 압축강도에 비해 2.5배 이상으로 높은 압축강도가 발현되었다.

변형률 시험은 [표 1]의 실시예의 배합에 따라 뼈 모양의 콘크리트 시편을 만들고, 가력 속도 0.4mm/min로 Dog bone tensile test를 실시하여 변형률을 측정하였다. 측정된 변형률은 [표 2]에 기재된 바와 같이 높게 나타났다.

한편, 본 실시예에 따른 내충격성 보강용 콘크리트 조성물로 배합된 콘크리트의 내충격성을 평가하기 위해, 도

2에 도시된 내충격성 보강용 콘크리트(26)로 피복이 보강된 콘크리트 보와, 이와 동일한 치수를 갖는 아래의 [표 3]의 비교예 1의 배합에 따른 일반 콘크리트 보(28)를 제작하여 정하중, 충격 하중에 대한 재하 실험을 수행하였다.

[0063] 도 3에는, 도 2에 도시된 내충격성 보강용 콘크리트(26)로 피복이 보강된 콘크리트 보의 단면이 도시되어 있는데, 아래의 비교예 1에 따른 콘크리트 배합으로 내부의 콘크리트 부재(22)를 형성하고 그 외곽에 실시예 7에 따른 내충격성 보강용 콘크리트(26)로 내부의 콘크리트 부재(22)의 4면을 감싸 피복하였다. 내충격성 보강용 콘크리트(26)의 피복 두께는 철근(24)의 피복 두께와 동일한 두께로 형성하였다.

[0064] 도 4에는, 도 3의 단면 크기와 동일한 비교예 1의 배합에 따른 일반 콘크리트 보(28)의 단면이 도시되어 있다.

[0065] 실시예 7의 배합은 상기 [표 1]의 실시예 5와 동일한 배합으로, 압축강도 123.4MPa, 휨강도 10.58MPa, 변형률 2.84로 나머지 실시예에 비해 상대적으로 강도면, 변형률 면에서 우수한 배합을 선택하였다.

표 3

구분	배합비(시멘트 100 중량부에 대한 중량부)										
	결합재		물	골재		고성능 감수제	충전재 실리카 플로어	섬유			
								PE 섬유		강 섬유	
시멘트	실리카 흙		굵은 골재	잔골재			혼입량 (vol.%)	길이 (mm)	혼입량 (vol.%)	길이 (mm)	
비교예1	100	-	43	242	215	1.0	-	-	-	-	-
실시예7	100	25	21	-	110	1.0	30	0.5	12	1.0	19.6

[0069] 위 배합에 따른 비교예 1과 실시예 7에 대한 압축강도 결과는 [표 4]와 같은데, 비교예 1의 압축강도는 46.2 MPa인 반면 실시예 7은 123.4MPa로서 실시예 7의 강도가 월등함을 알 수 있다.

표 4

구분	물-결합재비 (w/b)	슬럼프 (mm)	압축강도(f_{ck}) (MPa)	휨강도(f_t) (MPa)	변형률(ϵ_t) (%)
비교예1	0.43	-	46.2	-	-
실시예7	0.176	0	123.4	10.58	2.84

[0073] 그리고, 각 콘크리트 보에 대하여 양단부에 지점을 두고 중앙에서 정하중과 충격 하중을 휨 하중으로 하여 재하 실험을 하였으며, 그 결과는 각각 [표 5] 및 [표 6]과 같다.

표 5

구분	최초 균열 발생 시 하중 P_{cr} (kN)	극한 하중 P_p (kN)	소산 에너지 E_{tot} (kN · m)	파괴 형태
일반 콘크리트 보	11.81	75.93	0.39	휨 파괴
내충격성 보강 콘크리트 보	13.70	106.12	7.11	전단 파괴

[0077] [표 5]를 참고하면, 최초 균열 발생 시 하중은, 일반 콘크리트 보는 11.81 kN, 내충격성 보강 콘크리트 보는 13.70kN이고, 파괴 시 극한 하중은 각각 75.93kN, 106.12kN으로서 내충격성 보강 콘크리트 보가 정하중에서 높은 내력을 가짐을 알 수 있다. 또한, 하중 - 변위 그래프에서 그래프의 면적을 소산 에너지(E_{tot})로 표현하였을 때 일반 콘크리트 보가 0.39kN · m, 내충격성 보강 콘크리트 보가 7.11kN · m로 내충격성 보강 콘크리트 보가 월등히 높음을 알 수 있다.

표 6

구분	낙하회수	보 중앙 처짐 $D_{\max}(\text{mm})$	소산 에너지($\text{kN} \cdot \text{m}$)
일반 콘크리트 보	1	-	1.18
내충격성 보강 콘크리트 보	1	12.81	9.26
	2	13.56	
	3	14.85	
	4	15.62	
	5	16.25	
	6	17.03	
	7	17.91	
	8	19.39	
	9	20.06	
	10	22.11	

[0081] 충격 하중 실험은 1,600mm 낙하 높이에서 300kg의 추를 콘크리트 보 중앙에 낙하하여 실험을 진행하였다. [표 6]을 참조하면, 일반 콘크리트 보는 바로 파단이 나서 최대 처짐을 측정하지 못하였으나, 내충격성 보강 콘크리트 보는 낙하 회수 10회까지 충격 하중 실험을 진행할 수 있었다.

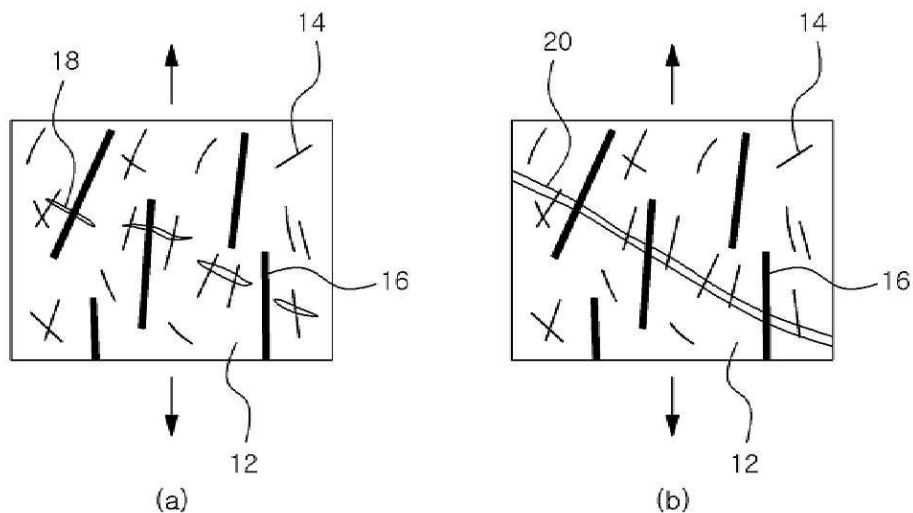
[0082] 각 낙하 회수에 따른 처짐은 [표 6]에 기재된 바와 같다. 그리고, 하중 - 변위 그래프에서 그래프의 면적을 소산 에너지를 표현하였을 때 내충격성 보강 콘크리트 보가 9.26 $\text{kN} \cdot \text{m}$ 으로서 일반 콘크리트 보의 1.18 $\text{kN} \cdot \text{m}$ 에 비해 에너지 소산 능력이 월등함을 알 수 있다.

[0083] 이상의 실험의 결과로부터 내충격성 보강 콘크리트 보는 일반 콘크리트 보에 비해 정하중과 충격 하중에 대하여 내충격성이 뛰어난을 알 수 있었다.

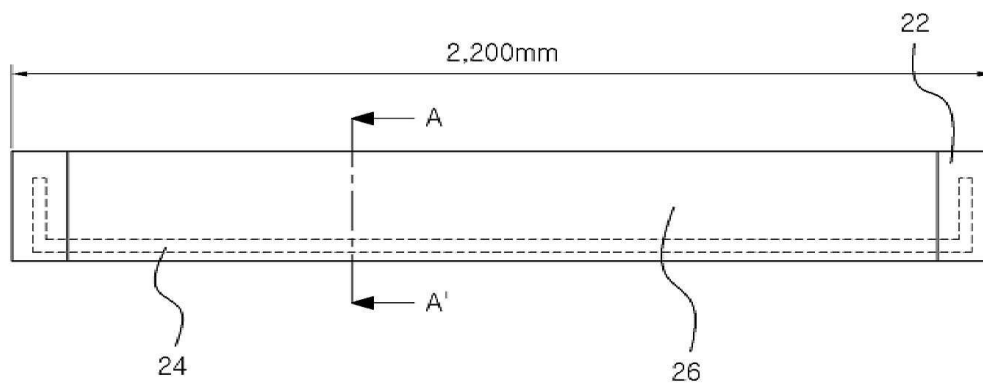
[0085] 진술한 실시예 외의 많은 실시예들이 본 발명의 특허청구범위 내에 존재한다.

도면

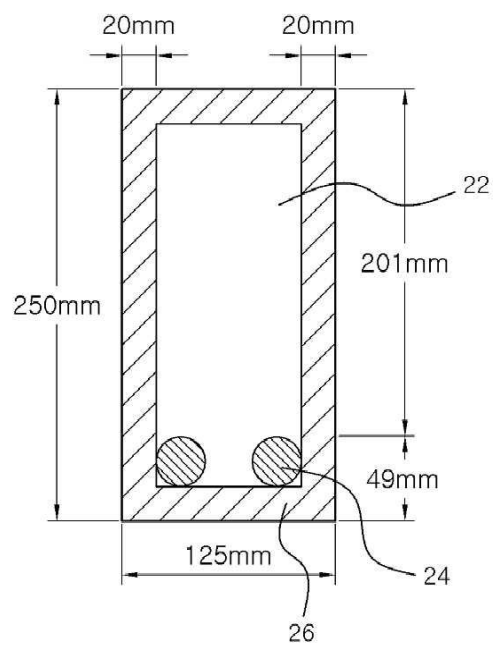
도면1



도면2



도면3



도면4

