(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년04월10일
(11) 등록번호 10-2099085
(24) 등록일자 2020년04월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C04B 14/30 (2006.01) *B01J 35/00* (2006.01)
B01J 35/02 (2006.01) *B01J 37/02* (2006.01)
C02F 1/72 (2006.01) *C04B 16/02* (2006.01)
C04B 20/00 (2006.01) *C04B 20/10* (2006.01)
C04B 28/02 (2006.01) *C04B 111/74* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C04B 14/305 (2013.01)
B01J 35/004 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0127114
(22) 출원일자 2018년10월24일
심사청구일자 2018년10월24일
(56) 선행기술조사문헌
KR100981910 B1*
KR101780294 B1*
KR101841065 B1
Powder Technology, 181권, (2008), 페이지 83-88
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
장영일
경상북도 구미시 대학로2길 17
이종원
충청남도 예산군 예산읍 향교길12번길 9-4
(74) 대리인
특허법인 플러스

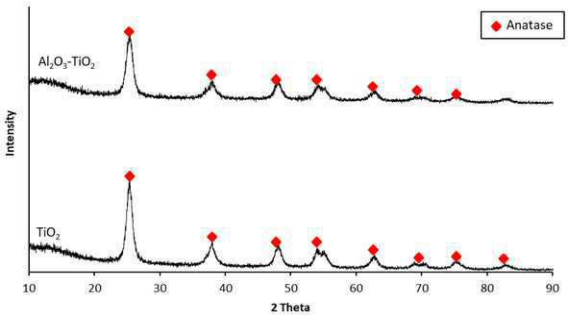
전체 청구항 수 : 총 10 항 심사관 : 이동욱

(54) 발명의 명칭 **광촉매를 포함하는 기능성 모르타르 조성물**

(57) 요 약

본 발명에 따른 모르타르 조성물로 제조된 콘크리트 소재는 티타늄 산화물이 담지된 알루미늄계 담체를 포함하는 광촉매를 포함함으로써, 압축강도 및 구조 안정성이 우수하고, 소재 내부에 광촉매가 존재함에도 광촉매의 태양광에 따른 활성 감소를 최소화하여 오염물질에 대한 정화 효율이 우수한 효과가 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B01J 35/023 (2013.01)
B01J 37/0201 (2013.01)
C02F 1/725 (2013.01)
C04B 16/02 (2013.01)
C04B 20/0036 (2013.01)
C04B 20/1029 (2013.01)
C04B 28/02 (2013.01)
C04B 2111/00017 (2013.01)
C04B 2111/74 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2015R1D1A1A01058109
부처명 교육부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 이공학 개인기초연구지원사업
연구과제명 고성능 나노 TiO_2 담체 및 도로환경 정화용 토목재료의 적용시스템 개발
기 여 율 1/1
주관기관 충남대학교 산학협력단
연구기간 2017.11.01 ~ 2018.10.31
공지예외적용 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

티타늄 산화물이 담지된 알루미늄계 담체를 포함하는 광촉매, 골재, 결합재, 혼화제 및 물을 포함하며,

상기 광촉매는,

a) 알루미늄계 담체 전구체 및 담체 전구체의 가수분해 촉매를 혼합한 이후에 티타늄 산화물 전구체를 혼합하여 혼합물을 제조하는 단계

를 포함하여 제조되는 모르타르 조성물.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 골재 100 중량부에 대하여 상기 광촉매 0.2 내지 15 중량부, 상기 결합재 10 내지 50 중량부, 상기 혼화제 0.002 내지 1.5 중량부 및 물 1.5 내지 30 중량부를 포함하는 모르타르 조성물.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 a) 단계는,

a1) 알루미늄계 담체 전구체 및 제1용매가 혼합된 제1혼합액; 및 담체 전구체의 가수분해 촉매 및 제2용매가 혼합된 제2혼합액;을 제조하고 제1혼합액 및 제2혼합액을 혼합하여 제4혼합액을 제조하는 단계 및

a2) 티타늄 산화물 전구체 및 제3용매가 혼합된 제3혼합액을 상기 제4혼합액에 적가법으로 혼합하여 혼합물을 제조하는 단계

를 포함하는 모르타르 조성물.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 광촉매는,

상기 a) 단계

b) 상기 혼합물을 환류하는 단계

c) 상기 환류한 혼합물을 여과하여 티타늄 산화물이 담지된 알루미늄계 담체를 수득하는 단계

d) 상기 담체를 제1온도에서 1차 열처리하는 단계 및

e) 상기 1차 열처리된 담체를 상기 제1온도보다 높은 제2온도에서 2차 열처리하는 단계

를 포함하여 제조되는 모르타르 조성물.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 e) 단계의 제2온도는 350 내지 550℃인 모르타르 조성물.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 광촉매의 티타늄 산화물은 XRD 스펙트럼 기준 아나타제상만을 가지는 것인 모르타르 조성물.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 광촉매가 하기 식 1을 만족하는 모르타르 조성물.

[식 1]

$A_{Al2O3-TiO2}/A_{TiO2} > 1.2$

(상기 식 1에서, 자외선 흡수 스펙트럼에서, 상기 A_{TiO2}는 TiO_2에 대한 240 내지 300 nm 파장에서의 광흡수 피크이며, 상기 $A_{Al2O3-TiO2}$는 상기 광촉매에 대한 240 내지 300 nm 파장에서의 광흡수 피크이다)

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 광촉매는 3 내지 15 nm의 평균입경을 가지는 것인 모르타르 조성물.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 골재 100 중량부에 대하여 페놀계 고분자가 표면 코팅된 카폭섬유 0.1 내지 10 중량부를 더 포함하는 모르타르 조성물.

청구항 11

제1항, 제2항, 제4항 내지 제10항 중 어느 한 항의 모르타르 조성물을 양생하여 제조되는 콘크리트 소재.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 광촉매를 포함하는 기능성 모르타르 조성물에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 콘크리트 구조물은 현대 사회에서 매우 유용하게 사용되며, 콘크리트 구조물이 많은 도시 중심은 대기질 악화로 인한 경제 및 보건 영향에 대한 우려가 증가함에 따라 대기 오염 및 수질 오염의 개선이 필요하다.

[0003] 이산화티탄(TiO_2) 기반의 광촉매는 질소 산화물로 오염된 공기의 정화에 유용한 물질로, 화학적으로 안정하고, 상대적으로 가격이 저렴한 편에 속하며, 독성을 유발하지 않아 환경적으로도 우수한 물질로 알려져 있다.

[0004] 따라서 이산화티탄 기반의 광촉매를 콘크리트 구조물에 적용하여 오염물질의 정화 향상을 위한 다양한 연구들이 진행되어 왔다. 구체적으로, 광촉매가 적용된 콘크리트는 이미 유럽을 포함하여 세계 여러 나라에서 대기 오염 물질의 정화 대한 가능성을 보여주었다. 지난 20 년간 광촉매 시멘트질 재료에 대한 수많은 연구는 주로 질소 산화물의 농도 감소에 대한 것들이 많았으나, 이러한 연구만으로는 콘크리트 구조물에 광촉매를 적용하기에는 현실적인 문제점이 따른다.

[0005] 예를 들어, 모르타르 조성물에 이산화티탄 기반의 광촉매를 혼합하여 콘크리트 구조물에 적용할 경우, 일반적으로는 응집이 발생하여 유효 표면적이 감소하고 시멘트의 수화 반응으로 인해 광촉매가 태양광에 대한 활성을 제대로 갖지 못하여 광촉매 효율이 저하되는 문제가 발생한다.

[0006] 또한 광촉매인 이산화티탄을 모르타르 조성물에 그대로 혼합하여 콘크리트 구조물에 적용할 경우, 양생 과정에서 결함 등을 유발할 수 있으며, 콘크리트 구조물의 압축강도가 현저히 저하되어 구조 안정성이 감소되는 문제도 야기한다.

[0007] 따라서 이산화티탄 기반의 광촉매를 모르타르 조성물에 적용하면서도, 이로 제조되는 콘크리트 구조물의 구조 안정성의 저하를 방지하고, 콘크리트 구조물 내에 함유된 광촉매의 태양광에 따른 활성의 감소를 최소화하여 오염물질에 대한 정화 효율이 우수한 모르타르 조성물에 대한 연구가 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) KR10-1860268B1 (2018.05.15)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 목적은 이산화티탄 기반의 광촉매를 포함함에도, 이로 제조되는 콘크리트 소재의 구조 안정성의 저하를 최소화할 수 있는 모르타르 조성물 및 이로 제조되는 콘크리트 소재를 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명의 다른 목적은 콘크리트 구조물 내에 함유된 이산화티탄 기반의 광촉매의 태양광에 따른 활성 감소를 최소화하여 오염물질에 대한 정화 효율이 우수한 모르타르 조성물 및 이로 제조되는 콘크리트 소재를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명에 따른 모르타르 조성물은 티타늄 산화물이 담지된 알루미늄계 담체를 포함하는 광촉매, 골재, 결합재, 혼화제 및 물을 포함한다.

[0012] 본 발명의 일 예에 따른 모르타르 조성물은 상기 골재 100 중량부에 대하여 상기 광촉매 0.2 내지 15 중량부, 상기 결합재 10 내지 50 중량부, 상기 혼화제 0.002 내지 1.5 중량부 및 물 1.5 내지 30 중량부를 포함할 수 있다.

[0013] 본 발명의 일 예에 있어서, 상기 광촉매는, a) 알루미늄계 담체 전구체 및 담체 전구체의 가수분해 촉매를 혼합한 이후에 티타늄 산화물 전구체를 혼합하여 혼합물을 제조하는 단계를 포함하여 제조될 수 있다.

[0014] 본 발명의 일 예에 있어서, 상기 a) 단계는, a1) 알루미늄계 담체 전구체 및 제1용매가 혼합된 제1혼합액 및 담체 전구체의 가수분해 촉매 및 제2용매가 혼합된 제2혼합액을 제조하고 제1혼합액 및 제2혼합액을 혼합하여 제4혼합액을 제조하는 단계 및 a2) 티타늄 산화물 전구체 및 제3용매가 혼합된 제3혼합액을 상기 제4혼합액에 적가법으로 혼합하여 혼합물을 제조하는 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 예에 있어서, 상기 광촉매는, 상기 a) 단계, b) 상기 혼합물을 환류하는 단계, c) 상기 환류한 혼합물을 여과하여 티타늄 산화물이 담지된 알루미늄계 담체를 수득하는 단계, d) 상기 담체를 제1온도에서 1차 열처리하는 단계 및 e) 상기 1차 열처리된 담체를 상기 제1온도보다 높은 제2온도에서 2차 열처리하는 단계를 포함하여 제조될 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 예에 있어서, 상기 e) 단계의 제2온도는 350 내지 550℃일 수 있다.

[0017] 본 발명의 일 예에 있어서, 상기 광촉매의 티타늄 산화물은 XRD 스펙트럼 기준 아나타제상만을 가지는 것일 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 예에 있어서, 상기 광촉매는 하기 식 1을 만족하는 것일 수 있다.

[0019] [식 1]

[0020] $A_{Al2O3-TiO2}/A_{TiO2} > 1.2$

[0021] 상기 식 1에서, 자외선 흡수 스펙트럼에서, 상기 A_{TiO2}는 TiO_2에 대한 240 내지 300 nm 파장에서의 광흡수 피크이며, 상기 $A_{Al2O3-TiO2}$는 상기 광촉매에 대한 240 내지 300 nm 파장에서의 광흡수 피크이다.

[0022] 1.6/1.25

[0023] 본 발명의 일 예에 있어서, 상기 광촉매는 3 내지 15 nm의 평균입경을 가질 수 있다.

[0024] 본 발명의 일 예에 따른 모르타르 조성물은 상기 골재 100 중량부에 대하여 페놀계 고분자가 표면 코팅된 카폭섬유 0.1 내지 10 중량부를 더 포함할 수 있다.

[0025] 본 발명은 상기 모르타르 조성물을 양생하여 제조되는 콘크리트 소재를 제공할 수 있다.

발명의 효과

[0026] 본 발명에 따른 모르타르 조성물로 제조된 콘크리트 소재는 이산화티탄 기반의 광촉매를 포함함에도, 압축강도 및 구조 안정성 등의 기계적 특성이 우수한 효과가 있다.

[0027] 본 발명에 따른 모르타르 조성물로 제조된 콘크리트 소재는 콘크리트 구조물 내에 함유된 이산화티탄 기반의 광촉매의 태양광에 따른 활성 감소를 최소화하여 오염물질에 대한 정화 효율이 우수한 효과가 있다.

[0028] 본 발명에서 명시적으로 언급되지 않은 효과라 하더라도, 본 발명의 기술적 특징에 의해 기대되는 명세서에서 기재된 효과 및 그 내재적인 효과는 본 발명의 명세서에 기재된 것과 같이 취급된다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 제조예 3의 광촉매(Al_2O_3-TiO_2) 분말 및 상용 TiO_2 광촉매(TiO_2) 분말을 X선회절법(X-Ray Diffraction, XRD)을 이용하여 분석한 스펙트럼이다.

도 2는 제조예 3의 광촉매(Al_2O_3-TiO_2) 분말 및 상용 TiO_2 광촉매(TiO_2) 분말을 자외선 형광 시험을 통해 분석한 자외선 흡수 스펙트럼이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 이하 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 광촉매를 포함하는 기능성 모르타르 조성물을 상세히 설명한다.

[0031] 본 명세서에 기재되어 있는 도면은 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 예로서 제공되는 것이다. 따라서 본 발명은 제시되는 도면들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있으며, 상기 도면들은 본 발명의 사상을 명확히 하기 위해 과장되어 도시될 수 있다.

[0032] 본 명세서에서 사용되는 기술 용어 및 과학 용어에 있어서 다른 정의가 없다면, 이 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 통상적으로 이해하고 있는 의미를 가지며, 하기의 설명 및 첨부 도면에서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 설명은 생략한다.

[0033] 본 명세서에서 사용되는 용어의 단수 형태는 특별한 지시가 없는 한 복수 형태도 포함하는 것으로 해석될 수 있다.

[0034] 본 명세서에서 특별한 언급 없이 사용된 %의 단위는 별다른 정의가 없는 한 중량%를 의미한다.

[0036] 본 발명은 모르타르 조성물 및 이로 제조되는 콘크리트 소재를 제공하는 것으로, 본 발명에 따른 모르타르 조성물은 티타늄 산화물이 담지된 알루미늄계 담체를 포함하는 광촉매, 골재, 결합재, 혼화제 및 물을 포함한다.

[0037] 상기 광촉매는 티타늄 산화물이 담지된 알루미늄계 담체를 포함한다. 즉, 본 발명에 따른 광촉매는 일반적으로 광촉매로 사용되는 티타늄 산화물, 구체적으로, 이산화티탄(TiO_2) 자체가 아니며, 티타늄 산화물을 알루미늄계 담체에 담지한 복합체이다. 따라서 티타늄 산화물이 담지된 담체를 포함하는 광촉매는 모르타르 조성물 내에서 다른 성분들과 결합성 및 혼화성이 우수하고, 조성물의 양생 후 압축강도, 휨강도 등의 기계적 특성이 상대적으로 우수하여 높은 구조 안정성을 가진다. 뿐만 아니라 광촉매 입자가 응집된 상태로 존재하지 않고 태양광에 대한 활성이 높아 오염물질에 대한 정화 효율이 우수한 효과가 있다.

[0038] 본 발명에 따른 광촉매는 졸겔(sol-gel)법을 통해 티타늄 산화물을 알루미늄계 담체에 담지하여 제조되는 것이 바람직하다. 반면, 화학기상증착(Chemical Vapor dDeposition, CVD)법을 이용할 경우 광촉매의 막 변형이 유발될 수 있으며, 원자층증착(Atomic Layer Deposition, ALD)법을 이용할 경우, 광촉매의 막 두께의 불량을 초래할 수 있다.

[0039] 본 발명에 따른 광촉매는, a) 알루미늄계 담체 전구체 및 담체 전구체의 가수분해 촉매를 혼합한 이후에 티타늄 산화물 전구체를 혼합하여 혼합물을 제조하는 단계를 포함하여 제조되는 것이 바람직할 수 있다. 이렇게 알루미늄계 담체 전구체가 알루미늄 산화물 지지체를 형성하도록 한 이후에 티타늄 산화물 전구체가 사용됨으로써, Al_2O_3가 지지체 역할을 하는 상태에서 여기에 TiO_2 촉매가 흡착 및 성장하여 촉매가 담지된 담체의 구조가 형성된다. 반면, 알루미늄계 담체 전구체가 알루미늄 산화물 지지체를 형성함과 동시에 티타눔 산화물 전구체가 사용될 경우, 알루미늄계 담체에 TiO_2 촉매가 담지된 상태의 구조를 형성하지 못하고, Al_2O_3와 TiO_2가 무작위로 융복합된 복합체가 형성되므로, 이러한 복합체가 사용된 모르타르 조성물은 TiO_2 촉매가 광촉매 역할을 제대로 수행할 수 없다.

[0040] 바람직한 일 예로, 상기 a) 단계는, a1) 알루미늄계 담체 전구체 및 제1용매가 혼합된 제1혼합액 및 담체 전구체의 가수분해 촉매 및 제2용매가 혼합된 제2혼합액을 제조하고 제1혼합액 및 제2혼합액을 혼합하여 제4혼합액을 제조하는 단계 및 a2) 티타늄 산화물 전구체 및 제3용매가 혼합된 제3혼합액을 상기 제4혼합액에 적가법으로 혼합하여 혼합물을 제조하는 단계를 포함할 수 있다. 이렇게 각 성분에 적합한 구분된 용매에 먼저 성분을 혼합하여 각각의 혼합액을 제조하고 이들을 반응시킬 경우, 균일하고, 상이 일정하며, 조성비가 균질한 티타늄 산화물이 담지된 담체 입자를 포함하는 광촉매를 제조할 수 있다.

[0041] 상기 a1) 단계에서, 담체 전구체와 혼합되는 제1용매는 부탄올, 구체적으로 t-부탄올 등인 것이 바람직할 수 있고, 담체 전구체의 가수분해 촉매와 혼합되는 제2용매는 물 등인 것이 바람직할 수 있다. 상기 a2) 단계에서, 티타늄 산화물 전구체와 혼합되는 제3용매는 이소프로필알코올 등인 것이 바람직할 수 있다.

[0042] 상기 a1) 단계에서, 알루미늄계 담체 전구체 및 제1용매의 혼합 몰비는 크게 제한되는 것은 아니지만, 예컨대 1:3~30 몰비, 구체적으로 1:5~20 몰비일 수 있다. 하지만 이는 바람직한 일 예로서 설명된 것일 뿐, 본 발명이 이에 제한되지 않음은 물론이다.

[0043] 상기 a1) 단계에서, 담체 전구체의 가수분해 촉매 및 제2용매의 혼합 몰비는 크게 제한되는 것은 아니지만, 예컨대 1:50~300 몰비, 구체적으로 1:100~250 몰비일 수 있다. 하지만 이는 바람직한 일 예로서 설명된 것일 뿐, 본 발명이 이에 제한되지 않음은 물론이다.

[0044] 상기 a1) 단계에서, 제1 혼합액 및 제2 혼합액의 혼합 중량비는 크게 제한되는 것은 아니지만, 예컨대 100:0.5~15, 구체적으로 100:1:10 중량비일 수 있다. 하지만 이는 바람직한 일 예로서 설명된 것일 뿐, 본 발명이 이에 제한되지 않음은 물론이다.

[0045] 상기 a2) 단계에서, 티타늄 산화물 전구체 및 제3용매의 혼합 몰비는 크게 제한되는 것은 아니지만, 예컨대 1:0.3~3 몰비, 구체적으로 1:0.5~2 몰비일 수 있다. 하지만 이는 바람직한 일 예로서 설명된 것일 뿐, 본 발명이 이에 제한되지 않음은 물론이다.

[0046] 상기 a2) 단계에서, 제4 혼합액 및 제3 혼합액의 혼합 몰비는 크게 제한되는 것은 아니지만, 예컨대 알루미늄계 담체 전구체와 티타늄 산화물 전구체 몰 기준 10:15~50 몰비, 구체적으로 10:20~40 몰비일 수 있다. 상기 몰비의 상한 값을 초과할 경우, Al_2O_3가 담체 역할을 제대로 수행하지 못할 수 있음에 따라, 이러한 광촉매를 포함하는 모르타르 조성물로 양생된 콘크리트에서 광촉매의 구조 안정성이 저하되어 단위 중량당 사용된 TiO_2 촉매의 효율이 저하될 수 있다.

[0047] 하지만 이는 바람직한 일 예로서 설명된 것일 뿐, 본 발명이 이에 제한되지 않음은 물론이다.

[0048] 상기 a) 단계에서, 혼합 시 온도는 크게 제한되지 않으며, 예컨대 20 내지 25℃일 수 있다. 이때 혼합 시간은 각 성분이 용매에 충분히 용해될 수 있을 정도라면 무방하며, 예컨대 1 내지 24 시간일 수 있다. 구체적인 일 예로, 제1혼합물 내지 제3혼합물의 제조 시 혼합 시간은 서로 독립적으로 0.5 내지 5 시간일 수 있고, 제4혼합물의 제조 시 혼합 시간은 2 내지 8 시간일 수 있으며, 제3혼합물 및 제4혼합물의 혼합 시간은 8 내지 24 시간일 수 있다. 하지만 이는 구체적인 일 예로서 설명된 것일 뿐, 본 발명이 이에 제한되지 않음은 물론이다.

[0049] 상기 a) 단계에서, 알루미늄계 담체 전구체는 알루미늄계 담체, 구체적으로, 알루미늄 산화물(Al_2O_3)이 지지체로서 형성되도록 할 수 있는 것이라면 무방하며, 예컨대 알루미늄 이소프로폭사이드(Aluminum isopropoxide) 등을 들 수 있다. 하지만 이 외에도 알루미늄 산화물이 형성되도록 할 수 있는 전구체라면 제한 없이 사용될 수 있다.

[0050] 상기 a) 단계에서, 티타늄 산화물 전구체는 티타늄 산화물(TiO_2)의 담체를 형성시키는 것이라면 무방하며, 예컨대 티타늄 이소프록사이드(Titanium isoproxide, TIP), 테트라부틸 올소티타늄(Tetrabutyl orthotitanium, TBOT) 등을 들 수 있다. 하지만 이 외에도 티타늄 산화물이 형성되도록 할 수 있는 전구체라면 제한 없이 사용되 수 있다.

[0051] 상기 a) 단계에서, 담체 전구체의 가수분해 촉매는 티타늄 산화물 전구체보다 상대적으로 가수분해 속도가 느린 담체 전구체의 가수분해 속도를 촉진하는 것이라면 무방하나, 예컨대 아세트산(Acetic acid) 등의 유기산이 바람직할 수 있다.

[0052] 전술한 바와 같이, 본 발명에 따른 광촉매는 a) 단계를 포함하여 제조되는 것이 바람직할 수 있으며, 보다 구체적으로는, a) 단계 이후에 후술하는 b) 단계 내지 e) 단계 중에서 선택되는 어느 하나 이상의 단계를 더 포함하여 제조된다.

[0053] 구체적으로, 본 발명에 따른 광촉매는, a) 단계, b) 상기 혼합물을 환류하는 단계, c) 상기 환류한 혼합물을 여과하여 티타늄 산화물이 담지된 알루미늄계 담체를 수득하는 단계, d) 상기 담체를 제1온도에서 1차 열처리하는 단계 및 e) 상기 1차 열처리된 담체를 상기 제1온도보다 높은 제2온도에서 2차 열처리하는 단계를 포함하여 제조될 수 있다.

[0054] 상기 b) 단계는 a) 단계에서 제조된 혼합물을 환류하는 단계로, 이를 통해 부탄올, 이소프로필알코올 등의 용매의 함량을 최소화하거나 제거할 수 있다. 환류 온도는 부탄올, 이소프로필알코올 등의 용매의 비점 내외이면 무방하며, 일 예로 70 내지 90℃를 들 수 있으나, 이에 본 발명이 제한되는 것은 아니다. 환류 시간 또한 크게 제한되는 것은 아니나, 3 내지 10 시간을 들 수 있으나, 이에 본 발명이 제한되는 것은 아니다.

[0055] 상기 c) 단계는 상기 환류한 혼합물을 여과하여 티타늄 산화물이 담지된 알루미늄계 담체를 수득하는 단계로, 부탄올, 증류수 등을 이용하여 pH를 중성 또는 중성에 가깝도록 조절하여 티타늄 산화물이 담지된 알루미늄계 담체를 수득하는 단계일 수 있다.

[0056] 상기 d) 단계는 건조 단계를 의미할 수 있으며, 제1온도는 65 내지 90℃일 수 있고, 이때 열처리 시간은 24 내지 48 시간일 수 있으나, 이는 바람직한 일 예일 뿐, 이에 본 발명이 제한되는 것은 아니다.

[0057] 바람직한 일 예에 있어서, 상기 e) 단계의 제2온도는 350 내지 550℃일 수 있다. 이를 만족할 경우, 제조되는 광촉매의 티타늄 산화물은 XRD 스펙트럼을 기준으로 아나타제상만을 가질 수 있다. 티타늄 산화물, 구체적으로 TiO_2는 아나타제(Anatase)상, 루틸(Rutile)상 또는 부르카이트(brookite)상으로서 3 종류로 구분될 수 있으며, 이때 티타늄 산화물이 아나타제상을 가질 경우, 광분해 활성이 상대적으로 높은 특성을 갖는다. 즉, 제2온도가 350 내지 550℃를 만족하여 제조되는 광촉매는 광분해 활성이 보다 우수하여 오염물질에 대한 정화 효율이 더욱 우수한 모르타르 조성물을 제조할 수 있다. 비제한적인 일 예로, 제2온도가 600℃ 이상일 경우에 제조되는 광촉매는 아나타제상 및 루틸상을 가질 수 있어 정화 효율이 상대적으로 저하될 수 있다.

[0058] 상기 e) 단계에서, 열처리 시간은 크게 제한되는 것은 아니나, 예컨대 2 내지 6 시간일 수 있다. 하지만 이는 바람직한 일 예로서 설명된 것일 뿐, 본 발명이 이에 제한되지 않음은 물론이다.

[0059] 본 발명의 일 예에 있어서, 전술한 방법으로 제조되는 광촉매는 하기 식 1을 만족하는 것일 수 있다.

[0060] [식 1]

[0061] $A_{Al2O3-TiO2}/A_{TiO2} > 1.2$ 또는

[0062] $2.5 > A_{Al2O3-TiO2}/A_{TiO2} > 1.2$

[0063] 상기 식 1에서, 자외선 흡수 스펙트럼에서, 상기 A_{TiO2}는 TiO_2에 대한 240 내지 300 nm 파장에서의 광흡수 피크이며, 상기 $A_{Al2O3-TiO2}$는 상기 광촉매에 대한 240 내지 300 nm 파장에서의 광흡수 피크이다. 즉, 본 발명의 일 예에 따른 티타늄 산화물이 담지된 알루미늄계 담체를 포함하는 광촉매는 일반적인 TiO_2 광촉매와 비교하

여 광흡수 효율이 20% 더 우수한 효과가 있다.

[0064] 본 발명의 일 예에 있어서, 전술한 방법으로 제조되는 광촉매는 3 내지 15 nm, 구체적으로 6 내지 12 nm의 평균입경을 가질 수 있다. 일반적인 TiO_2 광촉매는 평균입경이 85 내지 210 nm로서 균일하지 못하고 그 크기도 상대적으로 더 크지만, 본 발명에 따른 광촉매는 15 nm 이하의 매우 작은 나노 단위 입자일 수 있으며, 입경 분포 또한 매우 좁을 수 있다.

[0065] 본 발명의 일 예에 따른 모르타르 조성물은 상기 골재 100 중량부에 대하여 상기 광촉매 0.2 내지 15 중량부, 상기 결합재 10 내지 50 중량부, 상기 혼화제 0.002 내지 1.5 중량부 및 물 1.5 내지 30 중량부를 포함할 수 있다.

[0066] 본 발명의 일 예에 따른 모르타르 조성물은 페놀계 고분자가 표면 코팅된 카폭섬유를 더 포함할 수 있으며, 구체적으로, 상기 골재 100 중량부에 대하여 페놀계 고분자가 표면 코팅된 카폭섬유 0.1 내지 10 중량부를 더 포함할 수 있다.

[0067] 상기 모르타르 조성물이 페놀계 고분자가 표면 코팅된 카폭섬유를 더 포함할 경우, 압축강도, 휨강도 등의 구조 안정성 저하 문제를 최소화하면서, 특히 대기 및 수질 정화 효율을 보다 향상시킬 수 있다. 상기 카폭섬유는 내부 중공을 통해 오염물질을 흡착 및 탈착하여 오염물질의 체류 시간을 증가시키는 역할을 하며, 이때 오염물질의 체류 시간이 길어져 광촉매가 오염물질에 대한 정화(산화) 반응을 충분히 수행할 수 있도록 함에 따라, 정화효율이 더욱 증가하는 카폭섬유 및 광촉매의 시너지 효과가 구현된다.

[0068] 카폭섬유는 동남아시아를 주산지로 하는 카폭나무(*Ceiba pentandra*)의 열매에서 채취되는 섬유로, 내부가 비어있는 관 형태로 이루어진 중공형 구조를 가지고 있음에 따라, 넓은 비표면적을 가진다. 구체적인 일 예로, 카폭섬유의 평균길이는 크게 제한되지 않으나 5 내지 50 mm일 수 있고, 카폭섬유의 평균직경은 크게 제한되지 않으나, 10 내지 60 ㎛일 수 있다.

[0069] 카폭섬유의 표면은 방향족 잔기를 다량 포함하고 있어 안정하면서도 강한 소수성을 띠고 있으므로, 수용성의 모르타르 조성물에서는 적합하지 않음에 따라, 본 발명의 일 예에서는 표면이 친수화된 카폭섬유로 페놀계 고분자가 표면 코팅된 카폭섬유를 사용한다. 페놀계 고분자가 표면 코팅된 카폭섬유는 그 제조 과정에서 카폭섬유의 중공형 구조의 파괴를 방지하면서 카폭섬유 표면의 친수성을 향상시킬 수 있다.

[0070] 상기 페놀계 고분자는 폴리페놀계 화합물과 알데하이드계 화합물이 축합중합된 것일 수 있다. 상기와 같이 축합중합되면서 폴리페놀계 고분자가 카폭섬유의 표면상에 코팅될 경우, 더욱 균일하게 코팅층이 형성될 수 있어 바람직할 수 있다.

[0071] 상기 폴리페놀계 화합물은 벤젠고리(C_6H_6)의 수소 중 수산화기(-OH)로 2 개 이상 치환된 물질을 의미할 수 있으며, 예컨대 페놀산류, 플라보노이드류, 스틸베노이드류 및 리그난류 등에서 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상을 포함할 수 있다. 하지만 이는 바람직한 일 예로서 설명된 것일 뿐, 본 발명이 이에 제한되지 않음은 물론이다.

[0072] 상기 페놀산류는 벤젠고리(C_6H_6)에 수산화기(-OH)와 카르복실기(-COOH)를 갖고 있는 화합물을 의미할 수 있으며, 상기 플라보노이드류는 안토시아니딘계(Anthocynidin), 플라바논계(Flavanone), 플라바놀계(Flavanol), 플라보놀계(Flavonol), 이소플라본계(Isoflavone) 등에서 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상을 포함할 수 있다. 또한 상기 스틸베노이드류는 스틸벤에서 수산화된 유도체이며, 예를 들어, 레스베라트롤계(Resveratrol)로 이루어진 군으로부터 선택되는 화합물일 수 있고, 상기 리그난류는 세사민계(Sesamine) 유도체에서 선택되는 화합물일 수 있다. 하지만 이는 바람직한 일 예로서 설명된 것일 뿐, 본 발명이 이에 제한되지 않음은 물론이다.

[0073] 바람직한 일 예로, 상기 폴리페놀계 화합물은 페놀산류 및 플라보노이드류 중에서 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상을 포함하는 것이 더 바람직할 수 있다. 구체적인 예를 들면, 페놀산류로서 갈릭산(gallic acid), 시리직산(syringic acid), 페루릭산(ferulic acid) 등에서 선택될 수 있고, 플라보노이드류로서 플라바놀계의 카테킨, 카테킨 갈레이트, 에피갈로카테킨, 에피카테킨, 에피카테킨 갈레이트, 에피갈로카테킨 갈레이트, 카테킨 갈레이트, 갈로카테킨 갈레이트 등에서 선택될 수 있다. 하지만 이는 바람직한 일 예로서 설명된 것일 뿐, 본 발명이 이에 제한되지 않음은 물론이다.

[0074] 상기 알데하이드계 화합물은 크게 제한되는 것은 아니나, 예컨대 포름알데하이드, 아세트알데하이드, 프로피온알데하이드 및 글루타알데하이드 등에서 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상을 포함할 수 있다.

[0075] 본 발명의 일 예에 있어서, 카폭섬유와 페놀계 고분자는 1:0.5~5 중량비, 바람직하게는 1:0.5~3 중량비일 수 있다. 하지만 이는 바람직한 일 예로서 설명된 것일 뿐, 본 발명이 이에 제한되지 않음은 물론이다.

[0076] 상술한 바와 같이, 본 발명은 상기 모르타르 조성물을 양생하여 제조되는 콘크리트 소재를 제공할 수 있다. 양생 방법 및 이에 대한 구체적 조건은 시멘트, 모르타르, 콘크리트 분야에서 널리 공지되어 있으므로, 공지된 문헌을 참고하면 된다.

[0077] 본 발명에 따른 콘크리트 소재는 그 압축강도에 있어 각 환경 및 상황에 적합하도록 조성 및 조성비를 달리하여 제조될 수 있으므로 제한되지 않으며, 일 예로 고강도를 가지는 콘크리트 소재를 구현하고자 할 경우, 압축강도가 50 MPa 이상, 구체적으로 50 내지 200 MPa일 수 있으며, 바람직하게는 60 MPa 이상, 구체적으로 60 내지 200 MPa일 수 있다. 하지만 이는 바람직한 일 예로서 설명된 것일 뿐, 본 발명이 이에 제한되지 않음은 물론이다.

[0078] 상기 골재는 모르타르 분야에서 일반적으로 사용되는 골재라면 무방하며, 바람직하게는 그 입경이 5 mm 이하, 구체적으로 0.1 내지 5 mm인 것이 좋다. 골재의 종류로, 모래, 폐콘크리트 분쇄물 등 다양한 것이 사용될 수 있으나, 이 기술분야에서 사용되는 것이라면 무방하다.

[0079] 상기 결합재는 모르타르 조성물 내의 각 성분들 사이의 접착력을 향상시키며, 양생되어 제조되는 콘크리트에 내구성 및 강도를 부여하는 역할을 한다. 구체적인 일 예로, 결합재는 보통 포틀랜드 시멘트, 조강 포틀랜드 시멘트, 석회 시멘트, 슬래그 시멘트, 고로슬래그 시멘트, 포틀랜드 포졸란 시멘트, 석고 시멘트, 석회 시멘트 및 저발열시멘트 등의 시멘트, 고로슬래그, 플라이애쉬, 바텀애쉬 및 실리카퓸 등에서 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상을 포함할 수 있다. 바람직한 일 예로, 결합재는 보통 포틀랜드 시멘트; 보통 포틀랜드 시멘트 및 고로슬래그가 혼합된 저탄소 2종 혼합 시멘트; 및 보통 포틀랜드 시멘트, 고로슬래그 및 플라이애시가 혼합된 저탄소 3종 혼합 시멘트 등에서 선택될 수 있다. 상기 슬래그류 또는 애시류는 분말도가 4,000~7,500 cm^2/g인 미분말일 수 있다. 하지만 이는 바람직한 일 예로서 설명된 것일 뿐, 본 발명이 이에 제한되지 않음은 물론이다.

[0080] 상기 혼화제는 모르타르 조성물의 경화시간, 작업성, 혼화성, 유동성, 탄성, 접착력, 내산성, 내열성, 강도 및 내구성 등을 개선시키는 역할을 하며, 예컨대 스티렌-부타디엔 공중합체, 아크릴-우레탄 공중합체, 에틸렌-메틸아크릴레이트-메타아크릴 공중합체, 스티렌-메틸메타크릴레이트 공중합체, 에틸렌-메타크릴산 공중합체, 폴리아크릴산, 폴리우레탄, 소듐폴리아크릴레이트, 글루코스카르복시메틸, 무수말레인산, 폴리옥시에틸렌-폴리프로필렌글리콜, 폴리칼본산계 감수제 및 실리콘계 소포제 등에서 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상을 포함할 수 있다. 0.01~5중량%를 포함할 수 있다.

[0081] 본 발명에 따른 모르타르 조성물로 제조되는 콘크리트 소재는 모르타르 제품인 1차 제품에서부터, 하천 호안블록, 옹벽블록, 수질정화블록 등의 2차 제품에 이르기까지 다양한 용도로서 사용될 수 있다. 바람직한 일 예로, 자동차에서 발생하는 매연이 많은 도로의 대기정화를 위한 건설공사의 재료로서 적극 활용할 수 있다.

[0083] 이하 본 발명을 실시예를 통해 상세히 설명하나, 이들은 본 발명을 보다 상세하게 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 권리범위가 하기의 실시예에 의해 한정되는 것은 아니다.

[0085] [제조예 1]

[0086] 알루미늄 이소프로폭사이드 및 t-부탄올을 상온에서 1:10 몰비로 혼합하고 상온에서 600 rpm으로 3 시간 동안 교반하여 제1혼합액을 제조하였다. 또한 아세트산 및 증류수를 상온에서 1:165 몰비로 혼합하고 600 rpm으로 1 시간 동안 교반하여 제2혼합액을 제조하였다. 그리고 티타늄이소프록사이드 및 이소프로필알코올을 상온에서 1:1 몰비로 혼합하고 600 rpm으로 1 시간 동안 교반하여 제3혼합액을 제조하였다.

[0087] 상기 제1혼합액 및 상기 제2 혼합액을 상온에서 40:1 중량비로 혼합하고 600 rpm으로 5 시간 동안 교반하여 제4혼합액을 제조하고, 이 제4혼합액에 상기 제3혼합액을 적가(drop wise)법으로 테트라에틸올쏘실리케이트와 티타늄이소프록사이드의 몰비가 3:7로 최종 1 몰이 되도록 상온에서 혼합하고 600 rpm으로 12 시간 동안 교반하여 혼합물을 제조하였다.

[0088] 상기 혼합물을 80℃에서 6 시간 동안 환류하여 아세트산, t-부탄올 및 이소프로필알코올 등의 미반응물 및 잔류 용매를 제거한 후, 증류수와 무수 에탄올로 10 회 세척하고 흡입기(aspirator)로 여과함으로써, 상기 혼합물로부터 티타늄 산화물이 담지된 알루미늄계 담체를 수득하였다.

[0089] 상기 수득된 티타늄 산화물이 담지된 알루미늄계 담체를 전기로(electric furnace)에 넣고 80℃에서 36 시간 동안 1차 열처리한 후, 750℃에서 4 시간 동안 2차 열처리하였다. 이어서 상기 2차 열처리된 티타늄 산화물이 담지된 알루미늄계 담체를 12 시간에 걸쳐 25℃로 냉각시켜 티타늄 산화물이 알루미늄계 담체에 담지된 광촉매(Al_2O_3-TiO_2)를 제조하였다.

[0090] [제조예 2]

[0091] 제조예 1에서, 2차 열처리를 750℃ 대신 600℃에서 수행한 것을 제외하고, 제조예 1과 동일한 방법으로 광촉매(Al_2O_3-TiO_2)를 제조하였다.

[0092] [제조예 3]

[0093] 제조예 1에서, 2차 열처리를 750℃ 대신 450℃에서 수행한 것을 제외하고, 제조예 1과 동일한 방법으로 광촉매(Al_2O_3-TiO_2)를 제조하였다.

[0094] [제조예 4]

[0095] 갈릭산(GA, 99%, SAMCHUN pure chemical, Korea) 2.5 kg과 증류수 10 kg을 혼합하여 65℃에서 완전히 용해시켰다. 상기 용해된 용액에 시린지를 통하여 37 중량% 포름알데하이드 수용액 5.5 kg을 적하시켰다. 상기 용액에 증류수로 세척 후 건조된 평균길이가 20 mm이고 평균직경이 30 ㎛인 카폭섬유 500 g을 침지하였다. 상기 카폭섬유가 침지된 용액에 추가로 8M 수산화나트륨 용액을 pH가 9가 될 때까지 첨가한 후 2 시간 동안 환류시키면서 침전물을 형성시켰다. 상기 침전물은 노란색이였고, 냉각과 산세척 후 증류수로 3 회 이상 세척하였다. 최종적으로 세척된 침전물을 4 시간 동안 80℃의 진공오븐에서 건조하여 페놀계 고분자가 표면 코팅된 카폭섬유를 제조하였다.

실 시 예 1

[0096] 제조예 3의 광촉매 0.6 kg; 입도가 5 mm 이하인 바다모래(밀도 : 2.59g/cm^3, 흡수율(수분) : 0.8%)를 포함하는 잔골재 30 kg; 보통포틀랜드 시멘트(밀도 : 3.14g/cm^3, 분말도 : 3,492 cm^2/g) 80 중량% 및 고로슬래그 미분말(밀도 : 2.94g/cm^3, 분말도 : 4,174 cm^2/g) 20 중량%를 포함하는 결합재 10 kg; 폴리칼본산계를 주성분으로 하는 고성능 AE 감수제(비중: 1.04, pH: 5, ROADCON-PEMA-HR1500)을 포함하는 혼화제 50 g; 및 물 1.5 kg;을 상온에서 혼합하고 강제식 믹서로 교반하여 모르타르 조성물을 제조하였다.

실 시 예 2

[0097] 실시예 1에서, 광촉매의 사용 함량을 1 kg으로 한 것을 제외하고, 실시예 1과 동일한 방법으로 모르타르 조성물을 제조하였다.

실 시 예 3

[0098] 실시예 2에서, 제조예 4의 페놀계 고분자가 표면 코팅된 카폭섬유 500 g을 더 혼합한 것을 제외하고, 실시예 2와 동일한 방법으로 모르타르 조성물을 제조하였다.

[0099] [비교예 1]

[0100] 실시예 2에서, 광촉매를 사용하지 않은 것을 제외하고, 실시예 2와 동일한 방법으로 모르타르 조성물을 제조하였다.

[0101] [비교예 2]

[0102] 실시예 2에서, 제조예 1의 광촉매 대신 담체가 없는 광촉매, 즉, TiO_2 분말을 사용한 것을 제외하고, 실시예 2와 동일한 방법으로 모르타르 조성물을 제조하였다.

[0103] [비교예 3]

[0104] 비교예 1에서, 제조예 4의 페놀계 고분자가 표면 코팅된 카폭섬유 500 g을 더 혼합한 것을 제외하고, 비교예 1과 동일한 방법으로 모르타르 조성물을 제조하였다.

[0106] 광촉매의 SEM 및 TEM 분석 시험

[0107] 제조예 3의 광촉매(Al_2O_3-TiO_2) 분말 및 상용 TiO_2 광촉매(TiO_2) 분말을 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, SEM) 및 투과전자현미경(Transmission Electron Microscope, TEM)을 이용하여 분석하였다.

[0108] 그 결과, 제조예 3의 광촉매(하측 이미지)는 종래의 상용 TiO_2 광촉매(상측 이미지)와 비교하여 입자크기가 더 작은 것을 확인하였다. 또한 제조예 3의 광촉매는 Al_2O_3를 포함함에도 모든 입자에 대하여 TiO_2 및 Al_2O_3의 단독 상이 나타나지 않음을 확인하였다.

[0109] 또한 종래의 상용 TiO_2 광촉매(좌측 이미지)는 입자크기가 85.87 내지 210.08 nm로 균일하지 못한 반면, 제조예 3의 광촉매(우측 이미지)는 5 내지 12 nm로 상대적으로 매우 균질하였다.

[0111] 광촉매의 XRD 분석 시험

[0112] 제조예 1의 광촉매(Al_2O_3-TiO_2) 분말, 제조예 3의 광촉매(Al_2O_3-TiO_2) 분말 및 상용 TiO_2 광촉매(TiO_2) 분말을 X선회절법(X-Ray Diffraction, XRD)을 이용하여 분석하였다.

[0113] TiO_2는 결정구조의 차이에 따라 광분해 활성이 우수한 아나타제(anatase)상, 열적 안정성이 우수한 루틸(rutile)상, 광물에서만 발견할 수 있는 부르카이트(brookite)상의 3종류로 분류된다.

[0114] 도 1은 제조예 3의 광촉매(Al_2O_3-TiO_2) 분말의 XRD 스펙트럼으로, 제조예 3의 광촉매는 아나타제(anatase) 결정상만이 존재하였으며, 루틸(rutile)상 및 부르카이트(brookite)상 피크는 측정되지 않았다. 이는 소성 과정에서 상대적으로 열적 특성이 우수한 Al_2O_3가 TiO_2의 상전이를 억제한 것에 기인한 것으로 판단된다.

[0115] 그러나 700℃ 이상에서 2차 열처리가 진행되어 제조된 제조예 1의 광촉매의 경우는 아나타제(anatase)상 및 루틸(Rutile)상의 두 결정구조가 관찰되었으며, 이는 TiO_2 구조 사이에 도펀트 이온들이 퍼져있는 것에 기인하는 것으로 사료된다.

[0116] 따라서 450℃에서 열처리되어 제조된 제조예 3의 광촉매(Al_2O_3-TiO_2)는 촉매 효율이 높을 것으로 기대되며, 700℃ 이상에서 열처리되어 제조된 제조예 1의 광촉매(Al_2O_3-TiO_2)는 촉매 효율이 상대적으로 저하될 것으로 예측된다.

[0118] 광촉매의 UV 형광 시험 분석

[0119] 제조예 3의 광촉매(Al_2O_3-TiO_2) 분말 및 상용 TiO_2 광촉매(TiO_2) 분말을 자외선 형광 시험을 통해 분석하였으며, 그 결과는 도 2에 도시되어 있다.

[0120] 도 2는 제조예 3의 광촉매(Al_2O_3-TiO_2) 분말 및 상용 TiO_2 광촉매(TiO_2) 분말에 대한 자외선 흡수 스펙트럼으로, 도 2로부터 종래의 TiO_2 광촉매는 380 nm 이하의 파장 영역에서 활성화되어 광촉매 작용을 하는 것을 확인할 수 있다.

[0122] 콘크리트 시편의 압축강도 및 휨강도 분석 시험

[0123] 실시예 1, 실시예 2, 실시예 3, 비교예 1(OPC) 및 비교예 2(TiO_2)의 모르타르 조성물을 양생하여 제조되는 콘크리트 시편의 압축강도를 KS F 2476 시험 방법을 통해 시험하였으며, 그 결과는 하기 표 1에 도시되어 있다.

[0124]

표 1

구분	압축강도(MPa)
실시예 1	60.93
실시예 2	53.18
실시예 3	52.63
비교예 1	49.43
비교예 2	34.86

[0125] 그 결과, 종래의 상용 TiO_2 광촉매가 사용된 비교예 2의 경우와 비교하여, 티타늄 산화물이 알루미늄계 담체에 담지된 광촉매(Al_2O_3-TiO_2)가 사용된 실시예들 모두 압축강도가 약 50% 이상 현저히 증가하는 것을 확인할 수 있다.

[0126] 또한 카폭섬유가 사용된 실시예 3의 경우는 카폭섬유가 사용되지 않은 것을 제외하고 실시예 3과 동일하게 제조된 실시예 2의 경우와 비교하여 카폭섬유 사용에 따른 압축강도의 저하가 실질적으로 나타나지 않음을 확인할 수 있다.

[0128] 콘크리트 시편의 XRD 분석 시험

[0129] 실시예 1의 모르타르 조성물을 양생하여 제조되는 콘크리트 시편을 X선회절법(X-Ray Diffraction, XRD)을 이용하여 분석하였다.

[0130] 그 결과, 실시예 1의 모르타르 조성물의 경우, 콘크리트 시편에 TiO_2가 검출되는 것을 확인할 수 있으며, TiO_2 피크가 높게 나타남에 따라, 이로부터 모르타르 조성물에 제조예 3의 광촉매가 잘 분산되어 있는 것을 알 수 있다. 시멘트의 수화 과정 중 나타나는 수화물인 에트링자이트(Ettringite), 수산화칼슘($Ca(OH)_2$) 및 C-S-H 겔이 활발히 생성되어 실시예 1의 모르타르 조성물의 결정질 또한 매우 높게 나타난 것으로 판단된다.

[0132] 콘크리트 시편의 대기 및 수질 정화 분석 시험

[0133] 실시예 2, 실시예 3, 비교예 1 및 비교예 3의 모르타르 조성물을 양생하여 제조되는 콘크리트 시편의 대기 및 수질 정화 분석 시험을 수행함으로써 질소 산화물 제거율(%), T-N 감소율(%) 및 COD 감소율(%)을 측정하였다. 그 결과는 하기 표 2에 도시되어 있다.

[0134] 구체적으로, 실시예 2, 실시예 3, 비교예 1 및 비교예 3의 모르타르 조성물을 양생하여 각각의 콘크리트 시편(160 ㎜ × 160 ㎜ × 10 ㎜)을 제작한 후, 상기 콘크리트 시편을 포러스 콘크리트 부재(160 ㎜ × 160 ㎜ × 30 ㎜, 공극률 : 18%) 위에 위치시켜 대기 및 수질 정화 분석 시험을 수행하였다. 대기 정화 분석 시험은, 아크릴 챔버(500 ㎜ × 500 ㎜ × 500 ㎜)에 자외선 램프(15 W/m^2) 2 개를 설치하고, 각 콘크리트 시편을 상기 아크릴 챔버에 투입하였다. 그리고 상기 아크릴 챔버에 질소 산화물(NO_x)을 1.0 ppm 농도로 주입한 다음, 5 시간 동안 질소 산화물의 농도를 측정하였다. 수질 정화 분석 시험은, 각각의 콘크리트 시편을 실내 수질 정화 수로에 투입한 후, 인공 폐수를 2 ℓ/min으로 일정량 순환시켰다. 이때 광촉매에 의한 수질정화 성능을 평가하기 위해, 자외선 램프(15 W/m^2) 1 개로 자외선을 조사하여 7 일 동안 총 질소(T-N) 및 화학적 산소요구량(COD)을 측정하였다. 상기 인공폐수는 수돗물 24,000 g, 염화암모늄(NH_4Cl) 1.83 g, 포타슘하이드로겐포스페이트(KH_2PO_4) 0.63 g, 마그네슘설페이트헵타하이드레이트($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) 3.60 g, 칼슘클로라이드디하이드레이트($CaCl_2 \cdot 2H_2O$) 0.48 g, 염화나트륨(NaCl) 1.20 g 및 글루코오스 6.76 g을 혼합하여 제조하였다.

표 2

[0135]

	대기 정화	수질 정화	
	질소 산화물 제거율(%)	T-N 감소율(%)	COD 감소율(%)
실시예 2	62.5	53.1	78.8
실시예 3	65.9	62.7	91.4
비교예 1	12.0	35.4	60.6
비교예 3	13.3	36.9	62.1

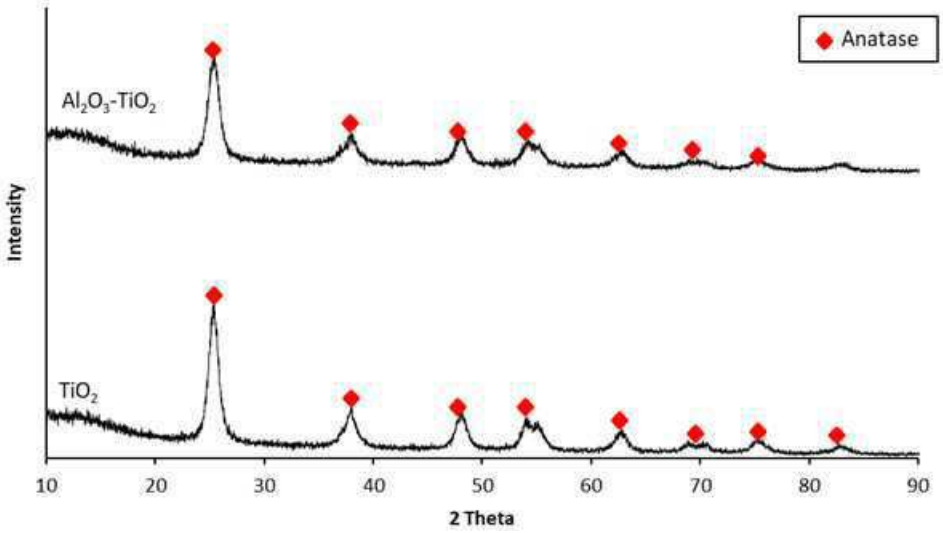
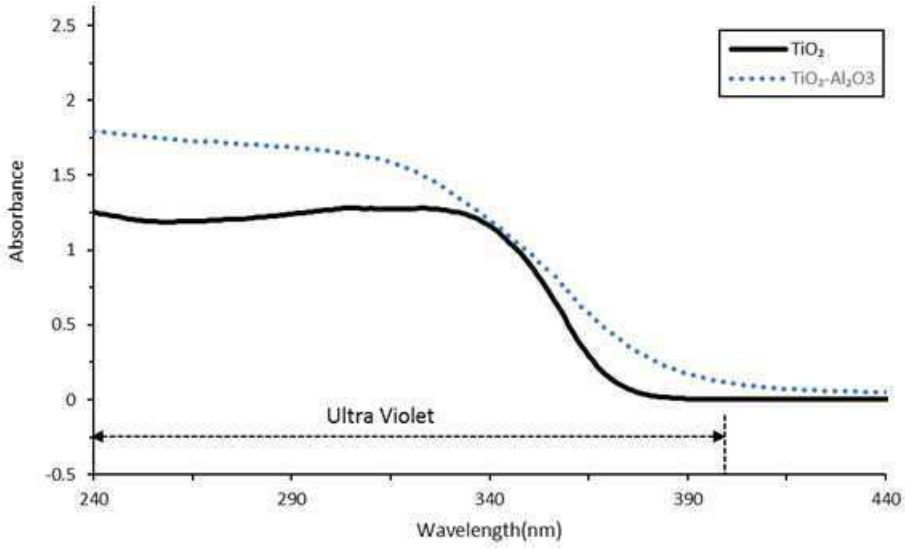
[0136] 상기 표 2에서와 같이, 광촉매가 사용되지 않은 비교예 1과 비교하여 실시예 2의 경우는 대기 정화 및 수질 정화에 대한 효율이 매우 높음을 알 수 있다.

[0137] 또한 상기 표 2로부터, 카폭섬유가 사용된 실시예 3의 경우는 카폭섬유가 사용되지 않은 실시예 2와 비교하여 더 높은 정화 효율을 가졌으나, 광촉매가 사용되지 않고 카폭섬유가 사용된 비교예 3의 경우는 광촉매 및 카폭섬유가 사용되지 않은 비교예 1과 비교하여 유의한 차이가 나타나지 않았다.

[0138] 이러한 결과로부터 페놀계 고분자가 표면 코팅된 카폭섬유는 티타늄 산화물이 알루미늄계 담체에 담지된 광촉매와 함께 사용되어야만 대기 및 수질 정화 효율이 현저히 향상됨을 알 수 있다. 이러한 결과는, 카폭섬유 자체가 대기 및 수질 정화를 직접적으로 크게 수행하는 것으로 볼 수 없고, 카폭섬유는 내부 중공을 통해 오염물질을 흡착 및 탈착하여 오염물질의 체류 시간을 증가시키는 역할을 하는 것으로 볼 수 있으며, 이때 광촉매가 존재함으로써 광촉매에 의한 정화(산화) 반응이 충분히 수행되도록 함에 따라 카폭섬유와 광촉매의 시너지 효과가 구현되는 것으로 사료된다.

도면

도면1



도면2