(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년05월04일
(11) 등록번호 10-2529885
(24) 등록일자 2023년05월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B09B 3/40 (2022.01) *B09B 101/45* (2022.01)
B09B 3/35 (2022.01) *C04B 7/24* (2006.01)
C04B 7/345 (2006.01) *C04B 7/36* (2006.01)
C04B 7/43 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B09B 3/40 (2023.01)
B09B 3/35 (2022.01)
(21) 출원번호 10-2022-0114187
(22) 출원일자 2022년09월08일
심사청구일자 2022년09월08일
(56) 선행기술조사문헌
CN101665369 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
표석훈
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
바시스타 프라밧
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
김민규

전체 청구항 수 : 총 10 항 심사관 : 조민환

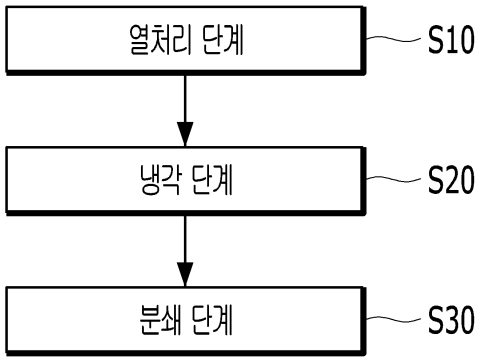
(54) 발명의 명칭 **폐콘크리트 활성화 방법, 이에 의해 제조된 시멘트 대체재, 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물 제조 방법, 및 이에 의해 제조된 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물**

(57) 요 약

본 발명은 폐콘크리트 활성화 방법, 이에 의해 제조된 시멘트 대체재, 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물 제조 방법, 및 이에 의해 제조된 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물에 관한 것으로, 보다 상세하게는 재활용이 어려운 폐콘크리트 미분말을 시멘트 대체재로서 사용되도록 하는 폐콘크리트 활성화 방법, 이에 의해 제조된 시멘트 대체재, 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물 제조 방법, 및 이에 의해 제조된 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물에 관한 것이다.

이러한 본 발명은, 폐콘크리트 분말을 450℃ 이상의 열처리 온도에서 소정 시간 유지하는 열처리 단계(S10); 및 가열된 폐콘크리트 분말을 공랭시키는 냉각 단계(S20);를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
C04B 7/246 (2013.01)
C04B 7/3453 (2013.01)
C04B 7/362 (2013.01)
C04B 7/367 (2013.01)
C04B 7/43 (2013.01)
B09B 2101/45 (2022.01)
Y02W 30/20 (2020.08)
Y02W 30/52 (2020.08)
Y02W 30/91 (2020.08)

(56) 선행기술조사문헌
KR101325049 B1*
KR100379697 B1
CN113387636 A
CN111848006 A
CN109704669 A
CN109206086 A
CN104446042 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711166833
과제번호 2021R1A4A1030867
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 집단연구지원
연구과제명 탄소중립형 고성능 무시멘트 콘크리트 및 구조적용 기술 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2022.03.01 ~ 2023.02.28
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711165764
과제번호 2021H1D3A2A02041471
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 해외고급과학자초빙(BRAIN POOL)사업
연구과제명 폐콘크리트 미분말과 산업부산물의 업사이클을 통한 탄소중립형 고성능 콘크리트 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2022.08.16 ~ 2023.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

폐콘크리트 분말을 500℃ 내지 700℃의 열처리 온도에서 소정 시간 유지하는 열처리 단계(S10); 및

가열된 폐콘크리트 분말을 공랭시키는 냉각 단계(S20);

를 포함하고,

상기 열처리 단계(S10)에서, 상기 폐콘크리트 분말의 입도는 1㎜ 미만이고,

상기 소정 시간은 2 ~ 3시간인 것을 특징으로 하는 폐콘크리트 활성화 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 냉각 단계(S20) 이후에,

냉각된 폐콘크리트 분말을 분쇄하는 분쇄단계(S30);

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 폐콘크리트 활성화 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 (S30) 단계에서 분쇄된 폐콘크리트 분말의 입도는 200 마이크로미터 이하인 것을 특징으로 하는 폐콘크리트 활성화 방법.

청구항 9

청구항 1에 기재된 폐콘크리트 활성화 방법에 의해 제조된 시멘트 대체재.

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

청구항 9에 있어서,

입도가 200 마이크로미터 이하이도록 분쇄된 것을 특징으로 하는 시멘트 대체재.

청구항 13

폐콘크리트 분말을 500℃ 내지 700℃의 열처리 온도에서 소정 시간 유지하는 열처리 단계(S10);

가열된 폐콘크리트 분말을 공랭시켜 시멘트 대체재로 제조하는 냉각 단계(S20); 및

시멘트와 상기 시멘트 대체재를 혼합하는 혼합 단계(S40);

를 포함하고,

상기 열처리 단계(S10)에서, 상기 폐콘크리트 분말의 입도는 1㎜ 미만이고,

상기 소정 시간은 2 ~ 3시간이고,

상기 혼합 단계(S40)는,

상기 시멘트 대체재 5 ~ 60 중량% 및 상기 시멘트 40 ~ 95 중량%를 혼합하는 단계인 것을 특징으로 하는 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물 제조 방법.

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

청구항 13에 있어서,

상기 냉각 단계(S20) 이후에,

상기 시멘트 대체재를 분쇄하는 단계(S30);

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물 제조 방법.

청구항 18

청구항 17에 있어서,

상기 (S30) 단계에서 분쇄된 상기 시멘트 대체재의 입도는 200 마이크로미터 이하인 것을 특징으로 하는 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물 제조 방법.

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

청구항 13에 기재된 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물 제조 방법에 의해 제조된 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물.

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

청구항 21에 있어서,

상기 시멘트 대체재는 분쇄되어 200 마이크로미터 이하의 입도를 갖는 것을 특징으로 하는 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물.

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 폐콘크리트 활성화 방법, 이에 의해 제조된 시멘트 대체재, 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물 제조 방법, 및 이에 의해 제조된 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물에 관한 것으로, 보다 상세하게는 재활용이 어려운 폐콘크리트 미분말을 시멘트 대체재로서 사용되도록 하는 폐콘크리트 활성화 방법, 이에 의해 제조된 시멘트 대체재, 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물 제조 방법, 및 이에 의해 제조된 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 건설 산업은 지속 가능성 측면에서 큰 우려에 직면해 있다. 환경 보호는 이 산업의 주요한 관심사이다.

[0003] 현재 전 세계 일반 포틀랜드 시멘트(opc) 총 생산량은 40억 톤 이상이며 이는 전체 지구 온난화의 6% 이상을 차지한다. 시멘트 클링커를 생산하기 위한 석회석의 소성은 이러한 배출의 주요 원인이다(약 95%).

[0004] 지구 온난화의 인위적 영향을 조절하는 동시에 산업 잔류물의 처리를 피하려면 CO2 배출량이 적은 대체 시멘트 결합제의 사용이 필요하다. 또한 건설 및 철거(C&D) 폐기물은 전 세계적으로 발생하는 폐기물의 절반을 차지한다.

[0005] 인프라 개발에 대한 수요가 증가함에 따라 이 양은 2025년까지 연간 22억 톤의 폐기물로 증가할 것으로 예상된다.

[0006] 이러한 점에서 발생하는 C&D 폐기물의 활용이 시급한 실정이다. 최근에는 상기한 폐콘크리트를 재활용하기 위한 노력이 선행되고 있는데, 폐콘크리트를 파쇄 하여 1~30㎜ 크기를 갖는 덩어리를 체로 걸러 큰 크기를 갖는 덩어리를 재생골재로 사용하고 있다(등록특허 제10-0498773호(이하 종래기술)참조).

[0007] 그러나 상기한 재생골재 생산 과정에서 생산되는 크기가 1㎜ 미만인 미분말(WCP)은 크기가 작아 상기한 재생골재로도 사용되지 못하며, 또한 화학적 반응성이 없는 산업부산물로 일반적으로 활용되지 못하고 매립되고 있는 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상기 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 폐기되는 폐콘크리트를 재활용하여 매립되는 산업부산물을 감소시킬 수 있는 환경 친화적인 폐콘크리트 활성화 방법, 이에 의해 제조된 시멘트 대체재, 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물 제조 방법, 및 이에 의해 제조된 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물의 제공을 목적으로 한다.

[0009] 또한 본 발명은 폐콘크리트를 시멘트 대체재로 활용할 수 있도록 하는 폐콘크리트 활성화 방법, 이에 의해 제조된 시멘트 대체재, 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물 제조 방법, 및 이에 의해 제조된 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물의 제공을 목적으로 한다.

[0010] 또한 본 발명은 이산화탄소 배출을 최소화 할 수 있는 폐콘크리트 활성화 방법, 이에 의해 제조된 시멘트 대체재, 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물 제조 방법, 및 이에 의해 제조된 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물의 제공을 목적으로 한다.

[0011] 또한 본 발명은 압축강도 저하를 최소화 하는 시멘트 대체재를 제조할 수 있도록 하는 폐콘크리트 활성화 방법, 이에 의해 제조된 시멘트 대체재, 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물 제조 방법, 및 이에 의해 제조된 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물의 제공을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기 과제의 해결을 목적으로 하는 본 발명은 다음의 구성 및 특징을 갖는다.

[0013] 폐콘크리트 분말을 450℃ 이상의 열처리 온도에서 소정 시간 유지하는 열처리 단계(S10); 및 가열된 폐콘크리트 분말을 공랭시키는 냉각 단계(S20);를 포함한다.

[0014] 또한 상기 열처리 단계(S10)에서, 상기 폐콘크리트 분말의 입도는 1㎜ 미만일 수 있다.

[0015] 또한 상기 열처리 온도는 500℃ 이상일 수 있다.

[0016] 또한 상기 열처리 온도는 500℃ 내지 700℃일 수 있다.

[0017] 또한 상기 열처리 온도는 600℃ 내지 700℃일 수 있다.

[0018] 또한 상기 소정 시간은, 1 ~ 4 시간일 수 있다.

[0019] 또한 상기 소정 시간은 2 ~ 3시간일 수 있다.

[0020] 또한 상기 냉각 단계(S20) 이후에, 냉각된 폐콘크리트 분말을 분쇄하는 분쇄단계(S30);를 더 포함할 수 있다.

[0021] 또한 기 (S30) 단계에서 분쇄된 폐콘크리트 분말의 입도는 200 마이크로미터 이하일 수 있다.

[0022] 또한 상기 (S30) 단계에서 분쇄된 폐콘크리트 분말은 입도가 1.5 ~ 2.5 마이크로미터인 제1분말 5~15 중량% 및 입도가 40 ~ 70 마이크로미터인 제2분말 85~95 중량%를 포함할 수 있다.

[0023] 폐콘크리트 활성화 방법에 의해 제조된 시멘트 대체재를 포함한다.

[0024] 또한 폐콘크리트 분말을 450℃ 이상의 열처리 온도에서 소정 시간 유지하는 열처리 단계(S10); 가열된 폐콘크리트 분말을 공랭시켜 시멘트 대체재로 제조하는 단계(S20); 및 시멘트와 상기 시멘트 대체재를 혼합하는 혼합 단계(S40);를 포함한다.

[0025] 또한 상기 혼합 단계(S40)는, 상기 시멘트 대체재 5 ~ 70 중량% 및 상기 시멘트 30 ~ 95 중량%를 혼합하는 단계일 수 있다.

[0026] 또한 상기 혼합 단계(S40)는, 상기 시멘트 대체재 5 ~ 60 중량% 및 상기 시멘트 40 ~ 95 중량%를 혼합하는 단계일 수 있다.

[0027] 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물 제조 방법에 의해 제조된 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물을 포함한다.

[0028] 또한 상기 시멘트 대체재 5 ~ 70 중량% 및 상기 시멘트 30 ~ 95 중량%를 포함할 수 있다.

[0029] 또한 상기 시멘트 대체재 5 ~ 60 중량% 및 상기 시멘트 40 ~ 95 중량%를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0030] 상기 구성 및 특징을 갖는 본 발명은 폐기되는 폐콘크리트를 재활용하여 매립되는 산업부산물을 감소시킬 수 있는 효과를 갖는다.

[0031] 또한 본 발명은 폐콘크리트를 시멘트 대체재로 활용할 수 있다는 효과를 갖는다.

[0032] 또한 본 발명은 이산화탄소 배출을 최소화 할 수 있다는 효과를 갖는다.

[0033] 또한 본 발명은 압축강도 저하를 최소화 할 수 있다는 효과를 갖는다.

도면의 간단한 설명

[0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 폐콘크리트 활성화 방법을 설명하기 위한 개략적인 흐름도이다.

도 2는 열처리 온도에 따른 열중량(TG)을 나타낸 그래프이다.

도 3은 열처리 온도에 따른 미분열 중량(DTG)을 나타낸 그래프이다.

도 4는 미열처리된 폐콘크리트 분말과 열처리된 폐콘크리트 분말의 XRD 그래프이다.

도 5는 분쇄된 폐콘크리트 분말과 다른 물질들의 입자 크기를 설명하기 위한 그래프이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물 제조 방법을 설명하기 위한 개략적인 흐름도이다.

도 7은 표 3의 제품들의 압축강도를 나타내는 그래프이다.

도 8은 종래의 시멘트와 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물의 라이프 사이클 분석(수명 주기 평가) 그래프이다.

도 9는 WCP 기반 바인더를 기반으로 하는 시스템 경계 및 주요 정의를 설명하기 위한 도면이다.

도 10은 1통의 시멘트(C100, BMW20, BMW30 및 BMW40)를 생산하는 동안 발생되는 이산화탄소 발생량 계산을 설명하기 위한 순서도를 설명하기 위한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0035] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 구현예(態樣, aspect)(또는 실시예)들을 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0036] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 구현예(태양, 態樣, aspect)(또는 실시예)를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, ~포함하다~ 또는 ~이루어진다~ 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0037] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0038] 본 명세서에서 기재한 ~제1~, ~제2~ 등은 서로 다른 구성 요소들임을 구분하기 위해서 지칭할 것일 뿐, 제조된 순서에 구애받지 않는 것이며, 발명의 상세한 설명과 청구범위에서 그 명칭이 일치하지 않을 수 있다.

[0039] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결" 되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 “간접적으로 연결” 되어 있는 경우도 포함한다.

[0040] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 폐콘크리트 활성화 방법을 설명하기 위한 개략적인 흐름도이다.

[0041] 본 발명의 일 실시예에 따른 폐콘크리트 활성화 방법(시멘트 대체재 제조 방법)은 폐기되는 폐콘크리트 미분말을 재활용하기 위한 것으로서, 이하에서는 설명의 편의상 '본 방법'이라 칭하기로 한다.

[0042] 도 1을 참조하면, 본 방법(본 발명의 일 실시예에 따른 폐콘크리트 활성화 방법)은 열처리 단계(S10), 및 냉각 단계(S20)를 포함한다.

[0043] 열처리 단계(S10)는 폐콘크리트 분말을 450℃ 이상의 열처리 온도에서 소정 시간 유지하는 단계이다.

[0044] 상기한 폐콘크리트는 일반적으로 파쇄 과정을 거쳐 입도가 큰(예시적으로 1 ~ 30㎜) 덩어리를 체로 걸러 재생골재로 재활용된다.

[0045] 한편, 아래 표 1을 참조하면, 폐콘크리트(아래 표 1에서 'WCP'에 해당)는 일반적인 종래의 시멘트(아래 표 1에서 'OPC'에 해당)의 XRF 분석으로 얻어진 성분 표이다.

[0047] [표 1]

	Weight (%)									
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	TiO_2	K_2O	MgO	SO_3	Others	LOI
WCP	19.5-49.97	5.44-8.98	2.30-3.99	18.65-65.9	0.28	0.30-3.35	1.37-3.84	2.53-3.02	1.07-10.3	1.04-15.50
OPC	21.5	5.1	3.2	63.1	0.3	0.9	3.2	2.4	6.38	3.21

[0048]

[0050] 위 표 1을 참조하면, 폐콘크리트는 일반적인 종래의 시멘트와 같이 이산화규소와 산화칼슘을 주 성분으로 하고 있어 시멘트 대체 재료로 활용될 수 있는 가능성을 갖고 있다.

[0051] 그러나 상기한 파쇄 가정에서 입도가 1㎜ 보다 작은 폐콘크리트 분말(예시적으로 폐콘크리트의 모르타르 부분)은 재생골재로 사용하기엔 크기가 너무 작으며, 동시에 화학적 반응성(수화반응)이 없어 활용되지 못하고 매립되어 폐기되고 있다.

[0052] 상기한 열처리 단계(S10)에서 폐콘크리트 분말(Waste Concrete Powder, WCP)은 상기 파쇄 과정 등에서 발생한 것으로 입도가 1㎜ 보다 작은 것이다.

[0053] 후술하는 설명에서 보다 자세히 설명하겠지만, 본 방법은 분말을 분쇄하여 표면적을 증가시키는 분쇄 단계(S30)를 포함할 수 있는데, 상기한 폐콘크리트 분말의 입도가 1㎜ 보다 작기 때문에 분쇄 단계(S30)의 공정을 수행하기 위한 시간과 소요되는 에너지를 최소화 할 수 있다.

[0054] 상기한 열처리 단계(S10)는 상기한 폐콘크리트 분말을 450℃ 이상의 열처리 온도에서 소정 시간(예시적으로 1~4시간) 유지하여 유기성분을 분해하고, 특히 수산화칼슘(Calcium Hydroxide)과 같은 성분을 분해하여 수화반응을 하는 규산이칼슘(dicalcium silicate) 등으로 분해하여 폐콘크리트 분말을 활성화하기 위한 공정이다.

[0055] 예시적으로 상기한 열처리 단계(S10)는 전기로와 같은 장치에 의해 수행될 수 있다.

[0056] 상기한 소정 시간은 약 1 ~ 4시간일 수 있는데, 소정 시간이 1시간 미만일 경우 반응성 상(규산이칼슘 등)의 검출량이 적으며, 4시간을 초과할 경우 규산이칼슘 등의 검출 증가량은 적은데 반해 고온을 유지하는데 소요되는 에너지의 양이 지나치게 증대되는 문제점이 있다.

[0057] 상기한 소정 시간은 2 ~ 3 시간인 것이 바람직하다. 폐콘크리트 분말을 일반적으로 석영, 수산화 시멘트 페이스트, 폐아스팔트를 주 성분으로 하고 있다. 열처리 단계(S20)는 상기한 폐콘크리트 분말을 활성화 하고 폐아스팔트 성분의 탄소를 최소화하기 위한 공정인데 소정 시간이 2시간 이상일 때 분말의 성상변화((Belite (dicalcium silicate, Ca2SiO4) 형성)를 유도할 수 있는 동시에 폐아스팔트의 탄소량을 효과적으로 감소시킬 수 있다.

[0058] 더하여 소정 시간이 3시간을 초과할 경우 폐콘크리트 분말의 활성화 정도와 폐아스팔트 성분의 탄소가 저감되는 정도는 미미한데 반해 고온을 유지하는데 소요되는 에너지 사용량이 지나치게 증대되어 바람직하지 못하다.

[0059] 도 2는 열처리 온도에 따른 열중량(TG)을 나타낸 그래프이다. 도 3은 열처리 온도에 따른 미분열 중량(DTG)을 나타낸 그래프이다. 도 4는 미열처리된 폐콘크리트 분말과 열처리된 폐콘크리트 분말의 XRD 그래프이다.

[0060] 도 1 내지 도 4를 참조하면, 미열처리된 폐콘크리트 분말(도 4에서 'RAW WCP'와 열처리 온도를 달리하여 열처리 단계(S10)를 거친 열처리된 폐콘크리트 분말의 중량과 검출 성분을 확인할 수 있다. 도 2 내지 도 4는 각 열

처리 온도에서 폐콘크리트 분말을 약 2시간 유지하여 얻어진 그래프이다.

[0061] 도 2 및 도 3을 참조하면 폐콘크리트 분말은 열처리 온도를 높게 함에 따라 분해되는 성분이 증대되어 열중량이 감소되는 추세를 보인다.

[0062] 따라서 상기한 열처리 온도는 500℃ 이상인 것이 바람직하며, 이를 통해 열처리 단계(S10)에서 폐콘크리트 분말의 유기성분과 같은 성분들을 효과적으로 분해할 수 있다는 이점이 있다.

[0063] 도 2 내지 도 4를 참조하면, 상기한 열처리 온도는 500℃ 내지 700℃일 수 있다. 도 4를 참조하면, 탄산칼슘이 주 원료인 방해석(calcite)(도 4에서 '2'에 해당)의 피크가 열처리 온도가 증대될수록 감소되는데, 750℃에서 방해석이 검출되지 않으며, 산화칼슘(도 4에서 '4'에 해당)이 검출되는 것을 확인할 수 있다.

[0064] 이는 700℃를 초과하는 온도에서 폐콘크리트 분말을 열처리 하는 경우 탄산칼슘이 산화칼슘과 이산화탄소로 분해되기 때문이며 이는 많은 양의 이산화탄소를 배출을 의미한다.

[0065] 따라서 본 방법은 열처리 온도가 500℃ 내지 700℃이어서 규산이칼슘과 같은 반응성 상을 생성하는 동시에 이산화탄소 배출량을 최소화 할 수 있다.

[0066] 또한 도 4를 참조하면, 상기한 열처리 온도는 600℃ 내지 700℃인 것이 보다 바람직할 수 있다.

[0067] 도 4에서 angle 2 theta가 30 ~ 35 범위에서 반응성 상인 규산이칼슘의 검출량이 650℃에서 550℃보다 큰 것을 확인할 수 있어, 열처리 온도가 600℃ 내지 700℃일 때 폐콘크리트 분말을 보다 활성화 시킬 수 있으며, 동시에 이산화탄소 배출량을 적게 할 수 있다는 이점이 있다.

[0068] 도 1을 참조하면, 냉각 단계(S20)는 가열된 폐콘크리트 분말을 공랭시키는 단계이다. 예시적으로 냉각 단계(S20)는 폐콘크리트 분말을 철판에 고르게 배치하여 공랭(공냉)시킬 수 있다. 예시적으로 가열된 폐콘크리트 분말은 상온(예시적으로 25℃)의 분위기에서 공랭될 수 있다.

[0069] 이와 같이, 본 방법은 냉각 단계(S20)를 포함하여 폐콘크리트 분말을 냉각 하는데 에너지 소모를 최소화 하며, 상온으로 공랭하여 시멘트의 혼합성을 개선할 수 있다,

[0070] 도 1을 참조하면, 본 방법은 냉각 단계(S20) 이후에 냉각된 폐콘크리트 분말(후술하는 본 제조 방법에서 시멘트 대체재와 상응하는 구성)을 분쇄하는 분쇄 단계(S30)를 포함할 수 있다.

[0071] 상기한 분쇄 단계(S30)는 다양한 분야에서 사용되는 볼 밀링(Ball Milling) 머신에 의해 수행될 수 있다.

[0072] 이와 같이, 본 방법은 분쇄 단계(S30)를 포함함여 냉각된 폐콘크리트 분말(후술하는 시멘트 대체재)의 비표면적을 증대시며 반응성을 향상시킬 수 있다.

[0073] 도 5는 분쇄된 폐콘크리트 분말과 다른 물질들의 입자 크기를 설명하기 위한 그래프이다.

[0074] 한편, 상기 분쇄 단계(S30)에서 냉각된 폐콘크리트 분말이 분쇄되어 형성되는 분쇄된 폐콘크리트 분말(분쇄된 시멘트 대체재)은 그 입도가 100 마이크로미터 이하일 수 있다.

[0075] 도 5에서 'WCP, sand'는 열처리 단계(S10) 및 분쇄 단계(S30)를 거치지 않은 상기한 냉각된 폐콘크리트 분말(시멘트 대체재)로서, 상기한 냉각된 폐콘크리트 분말이 골재와 함께 혼합되어 콘크리트로 사용될 경우 일반적인 재래식 콘크리트(도 5의 'conventional concrete')로서 사용될 수 있다.

[0076] 그러나 상술한 바와 같이, 본 방법은 분쇄 단계(S30)를 포함하여 냉각된 폐콘크리트 분말을 분쇄하여 분쇄된 폐콘크리트 분말(도 5의 'Milled WCP'에 해당)의 입도를 100 마이크로미터 이하가 되도록 할 수 있으며, 이를 통해 분말의 비표면적을 증대시켜 반응성(수화반응)을 향상시키고, 골재와 혼합되어 사용됨에 따라 고성능 콘크리트(도 5의 'High performance concrete')로서 사용될 수 있기 때문에 내구성을 향상시키고 강도를 향상시킬 수 있다는 이점이 있다.

[0077] 한편, (S30) 단계에서 분쇄된 폐콘크리트 분말은 입도가 1.5 ~ 2.5 마이크로미터인 제1분말 입도가 1.5 ~ 2.5 마이크로미터인 제1분말 5~15 중량% 및 입도가 40 ~ 70 마이크로미터인 제2분말 85~95 중량%를 포함할 수 있다.

[0078] 따라서 분쇄된 폐콘크리트 분말의 입도가 상기한 종래의 시멘트(예시적으로 포틀랜드 시멘트)의 입도와 유사하여 종래의 시멘트와 유사한 기계적 성질과 화학적 반응성 및 종래의 시멘트와의 혼합성을 갖도록 할 수 있다.

[0079] 아래 표 2는 본 방법에 의해 제조된 분쇄된 폐콘크리트 분말(후술하는 분쇄된 시멘트 대체재)(아래 표 2에서 '활성화된 WCP'에 해당)과 본 방법에 의해 열처리 및 냉각되지 않는 일반적인 폐콘크리트 분말(WCP)(아래 표 2

의 ‘비활성 WCP’에 해당)의 산화칼슘의 소비량(소모량)을 나타낸 표이다. 아래 표 1은 공지된 샤펠 테스트(Chappelle Test)에 의해 얻어진 것이다.

[0080] 아래 표 2에서 ‘활성화된 WCP’와 ‘비활성 WCP’는 각각 위 표 1과 같이 29.12%의 CaO를 함유하고 있다.

[0082] [표 2]

[0083]

	비활성 WCP	활성화된 WCP
최소 칼슘 소모	897.1	1125.2
최대 칼슘 소모	943	1155.7
평균 칼슘 소모	920	1140.4

[0085] Chapelle 테스트는 재료의 반응성 실리카와 석회 사이의 반응을 나타낸다. 이 방법의 원리는 석회와 반응성 실리카의 반응을 기반으로 합니다. WCP 1g당 CaO 밀리그램(mg)으로 유리석회 소비량을 정의하는 데 사용되었다. 이 반응에서 석회 이용은 WCP를 통해 석회의 특정 질량 비율에 대해 측정되며 WCP와 석회의 비율은 2:1이다. 유리석회 소비량 계산은 하기 수학식 1에 따라 수행하였다.

[0087] [수학식 1]

$$mg\ CaO\ per\ gram\ of\ material = \frac{28\times(v_2 X m_3 - v_1)\times F_c\times 2\times 2}{m_1\times m_2\times m_3} \qquad (1)$$

[0088]

[0090] 여기에서 ‘m1’은 WCP 중량(g)을 의미하고, ‘m2’는 WCP 및 CaO의 중량(g)을 나타내며, ‘m3’는 공시험에서 CaO의 중량(g)을 의미하고, ‘v1’는 샘플 용액에 의한 0.1M HCL 소비량(밀리리터)을 의미하고, ‘v2’는 공액에 의한 0.1M HCL 소비량(밀리리터)을 의미하고, ‘Fc’는 표준 용액 HCl 0.1 M의 보정 계수를 의미한다.

[0091] 석회(또는 칼슘)의 소모(소비)는 물질의 반응성을 나타낼 수 있는데, 위 표 2를 참조하면, 본 방법에 의해 제조된 분쇄된 폐콘크리트 분말(아래 표 2에서 ‘활성화된 WCP’에 해당)의 평균 칼슘 소모량(소모지수) 1140.4인데 반해 일반적인 폐콘크리트 분말(WCP)(아래 표 2의 ‘비활성 WCP’에 해당)의 평균 칼슘 소모량(소모지수)은 920으로, 본 방법에 의해 제조된 시멘트 대체재의 활성화도가 보다 향상된 것을 확인할 수 있다.

[0092] 이하에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 시멘트 대체재(이하 ‘본 대체재’이라 함)에 대해 설명한다. 본 대체재는 상술한 본 방법에 의해 제조되는 것으로, 상술한 본 방법과 동일하거나 상응하는 기술적 특징을 포함하므로, 앞서 살핀 구성과 동일하거나 유사한 구성에 대해서는 동일한 도면 부호를 사용하고, 중복되는 설명은 간략히 하거나 생략하기로 한다.

[0093] 상술하였듯이 본 방법에 의해 제조되는 본 대체재는 열처리 단계(S10)에 의해 반응성 상이 나타나는데, 상기 열처리 단계(S10)에서 열처리 온도는 500℃ 이상인 것이 보다 바람직하고, 500℃ 내지 700℃인 것이 보다 더 바람직하고, 600℃ 내지 700℃인 것이 보다 더 바람직할 수 있다.

[0094] 또한 열처리 단계(S10)에서 상기 소정 시간은 1~4시간일 수 있다. 상기 소정시간은 2~3시간인 것이 보다 바람직할 수 있다.

[0095] 본 대체재는 입도가 200 마이크로미터 이하가 되도록 분쇄된 것일 수 있다.

[0096] 본 대체재는 입도가 1.5 ~ 2.5 마이크로미터인 제1분말 5~15 중량% 및 입도가 40 ~ 70 마이크로미터인 제2분말 85~95 중량%를 포함할 수 있다.

[0097] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물 제조 방법을 설명하기 위한 개략적인 흐름도이다.

[0098] 이하에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물 제조 방법(이하 ‘본 제조 방법’이라 함)에 대해 설명한다. 본 제조 방법은 상기한 본 대체재를 이용하고, 상기한 본 방법을 포함하는 것으로서, 상술한 본 방법과 동일하거나 상응하는 기술적 특징을 포함하므로, 앞서 살핀 구성과 동일하거나 유사한 구성에 대해서는 동일한 도면 부호를 사용하고, 중복되는 설명은 간략히 하거나 생략하기로 한다.

[0099] 도 1 및 도 6을 참조하면, 본 제조 방법은 상기한 본 방법 및 혼합 단계(S40)를 포함한다.

[0100] 상기한 본 방법은 상술한 바와 같이, 열처리 단계(S10), 및 냉각 단계(S20)를 포함한다.

[0101] 혼합 단계(S40)는 종래의 시멘트(예시적으로 포틀랜드 시멘트)와 상기 시멘트 대체재를 혼합하는 단계이다.

[0102] 혼합 단계(S40)는 상기한 냉각 단계(S20) 이후에 수행될 수 있다.

[0103] 또한 상술한 바와 같이, 본 방법은 냉각 단계(S20) 이후에 수행되는 분쇄 단계(S30)를 포함할 수 있다.

[0104] 상기한 혼합 단계(S40)는 분쇄 단계(S30) 이후에 수행될 수 있다.

[0105] 혼합 단계(S40)에서 시멘트 대체재는 냉각 단계(S20) 이후에 냉각된 폐콘크리트 분말 또는 분쇄 단계(S30) 이후에 분쇄된 것일 수 있다.

[0106] 상기 열처리 단계(S10)에서, 상기 폐콘크리트 분말의 입도는 1㎜ 미만일 수 있다.

[0107] 상기 열처리 온도는 500℃ 내지 700℃일 수 있다. 상기 열처리 온도는 600℃ 내지 700℃인 것이 보다 바람직할 수 있다.

[0108] 상기 소정 시간은 1 ~ 4시간일 수 있고, 상기 소정 시간은 2 ~ 3시간인 것이 보다 바람직할 수 있다.

[0109] 상기 (S30) 단계에서 분쇄된 상기 시멘트 대체재의 입도는 100 마이크로미터 이하일 수 있다.

[0110] 상기 시멘트 대체재는 입도가 1.5 ~ 2.5 마이크로미터인 제1분말 5~15 중량% 및 입도가 40 ~ 70 마이크로미터인 제2분말 85~95 중량%를 포함할 수 있다.

[0111] 한편, 본 제조 방법의 혼합 단계(S40)는 상기 시멘트 대체재 5 ~ 70 중량% 및 상기 시멘트 30 ~ 95 중량%를 혼합하는 단계일 수 있다.

[0112] 아래 표 3은 각 제품명의 성분비를 나타낸 것이다.

[0114] [표 3]

[0115]

제품명	시멘트 함량	AWCP 함량	MWCP 함량	BMWCP 함량	물 - 시멘트 비
C100	100	-	-	-	0.35
AW10	90	10	-	-	
AW20	80	20	-	-	
AW30	70	30	-	-	
AW40	60	40	-	-	
AW50	50	50	-	-	
AW60	40	60	-	-	
AW70	30	70	-	-	
AW80	20	80	-	-	
MW10	90	-	10	-	
MW20	80	-	20	-	
MW30	70	-	30	-	
MW40	60	-	40	-	
MW50	50	-	50	-	
MW60	40	-	60	-	
MW70	30	-	70	-	
MW80	20	-	80	-	
BMW10	90	-	-	10	
BMW20	80	-	-	20	
BMW30	70	-	-	30	
BMW40	60	-	-	40	
BMW50	50	-	-	50	
BMW60	40	-	-	60	
BMW70	30	-	-	70	
BMW80	20	-	-	80	

[0117] 위 표 3에서 C100은 시멘트 100 중량%를 포함하는 것이다. 위 표 3에서 AW(AWCP)는 비활성화된 WCP(열처리 단계(S10) 이전에 폐콘크리트 분말)와 종래의 시멘트(포틀랜드 시멘트)가 포함된 것이다.

[0118] AW10은 비활성화된 WCP가 10 중량%, 종래의 시멘트가 90 중량% 혼합된 것이며, AW80은 비활성화된 WCP가 80 중량%와 종래의 시멘트 20 중량%가 혼합된 것이다.

[0119] 또한 위 표 3에서 MW(MWCP)는 밀링된 WCP(열처리 단계(S10)를 생략하고 단순히 분쇄 단계(S30)만 거친 폐콘크리트 분말)와 시멘트(포틀랜드 시멘트)가 포함된 것이다.

[0120] MW10은 밀링된 WCP 10 중량%와 시멘트 90 중량%가 혼합된 것이고, MW80은 밀링된 WCP 80 중량%와 시멘트 20 중량%가 혼합된 것이다.

[0121] 또한 위 표 3에서 BMWCP는 열처리 후 밀링된 WCP(분쇄 단계(S30)를 포함하는 본 방법에 의해 제조된 시멘트 대체재)와 시멘트(포틀랜드 시멘트)의 혼합물(후술하는 본 조성물)이다.

[0122] BMW10은 열처리 후 밀링된 WCP 10 중량%와 시멘트 90 중량%가 혼합된 것이고, BMW80은 열처리후 밀링된 WCP 80 중량%와 시멘트 20 중량%가 혼합된 것이다.

[0123] 도 7은 표 3의 제품들의 압축강도를 나타내는 그래프이다.

[0124] 도 7 및 위 표 3을 참조하면, C100 제품과 비교해서 AW제품과 MW제품은 각각 WCP와 밀링된 WCP의 함량이 증가될수록 압축강도가 저하되는 정도가 뚜렷한 반면, 본 제조 방법에 의해 제조되는 BMW 제품은 시멘트 대체재의 함량이 증가되어도 AW제품 및 MW제품과 비교하여 압축강도가 저하되는 정도가 적은 것을 확인할 수 있다.

[0125] 상술하였듯이 본 제조 방법의 혼합 단계(S40)는 상기 시멘트 대체재 5 ~ 70 중량% 및 상기 시멘트 30 ~ 95 중량%일 수 있다.

[0126] 바람직하게 혼합 단계(S4)는 상기 시멘트 대체재 5 ~ 60 중량% 및 시멘트 40 ~ 95 중량%를 혼합하는 단계일 수 있다.

[0127] 보다 바람직하게 혼합 단계(S4)는 상기 시멘트 대체재 5 ~ 50 중량% 및 시멘트 50 ~ 95 중량%를 혼합하는 단계일 수 있다. 이를 통해 압축강도의 저하되는 정도를 보다 최소화 할 수 있다는 이점이 있다.

[0128] 즉, 본 제조 방법은 재활용이 어려운 폐콘크리트 분말을 활성화 하며 종래의 시멘트와 비교하여 압축강도의 저하가 적은 시멘트 조성물을 제조할 수 있다는 이점이 있다.

[0129] 도 8은 종래의 시멘트와 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물의 라이프 사이클 분석(수명 주기 평가) 그래프이다.

[0130] 상기 혼합 단계(S40)는 상기 시멘트 대체재 5 ~ 60 중량% 및 상기 시멘트 40 ~ 95 중량%를 혼합하는 단계일 수 있다.

[0131] 도 8을 참조하면, 수명 주기 평가(LCA)(제작된 바인더(도 8의 C100), BW20, BW30, BW40))의 영향 평가는 SimaPro 9.3.0.3 소프트웨어를 사용하여 수행되었고, 평가는 Ecoinvent-3 라이브러리와 IMPACT world + Midpoint V1.01 평가 방법이 사용되었다. SimaPro 9.3.0.3 소프트웨어와 Ecoinvent-3 라이브러리와 IMPACT world + Midpoint V1.01 평가 방법은 공지된 것으로 보다 구체적인 설명은 생략하기로 한다.

[0132] 시멘트(유형 1) 생산을 위한 데이터 세트가 연구에 사용되었다. 데이터 세트에는 시멘트 생산의 모든 업스트림 활동을 포함하여 공장에서 시멘트 생산으로 끝나는 크래들에서 게이트까지의 활동이 포함된다. 시멘트 생산을 위한 데이터 세트는 전 세계적으로 사용하도록 모델링되었다. 도 9는 WCP 기반 바인더를 기반으로 하는 시스템 경계 및 주요 정의를 보여준다. 연구에서 시스템의 경계는 WCP 기반 바인더의 생산으로 제한되며 시스템은 수명 동안의 사용이나 영향을 포함하지 않는다.

[0133] 생산 과정에서 발생하는 각 공정은 재료뿐만 아니라 필요한 에너지와 운송으로 구성된다. 아래 표 4는 실험 과정에서 수집된 인벤토리를 보여준다. 분쇄 및 열처리에 대한 입력 데이터는 실험 중 볼밀과 로에서 소비된 전력을 기준으로 계산된다. WCP 활성화 과정에서 소비되는 전력은 한국의 경우를 사용했다. 전력 소비 데이터는 2018년 통계(EA World 11 Energy Statistics and Balances OECD Library)를 기반으로 계산되었다. 그리드 손실은 2018년 데이터(또한 IEA 세계 에너지 통계 및 밸런스)를 기반으로 한다. 출력 데이터는 용광로에서 WCP를 열처리하는 동안 유기물의 연소를 기반으로 수집되었다. 유기 화합물을 기반으로 한 대기 중 배출 데이터는 Ecoinvent 데이터베이스에서 얻었다. 총 유기화합물의 양은 총 WCP 중량 감소를 기준으로 계산하였다.

[0135] [표 4]

	Process	Consumption	Unit	Experimental/ calculated
Inputs	Grinding	Electricity	kWh	50
	Thermal Treatment	Electricity	kWh	90
	Transport	Fuel	km	30
Outputs	Organic compounds as C		kg	80

[0136]

[0138] 상술하였듯이, 상기 혼합 단계(S40)는 상기 시멘트 대체재 5 ~ 60 중량% 및 상기 시멘트 40 ~ 95 중량%를 혼합하는 단계일 수 있다.

[0139] 위 표 3 및 도 8을 참조하면, 모든 수준에서 활성화된 WCP를 시멘트에 적용하면 환경 영향이 크게 감소했다. C100의 경우 시멘트 1톤을 생산하는 데 863kg의 이산화탄소가 배출되었다. 시멘트 공장에서 시장으로의 무거운 수송과 시장에서 실험실로의 가벼운 수송으로 인한 이산화탄소 배출량도 추가되었다. BMWCP를 20% 적용하면 CO2 배출량이 726kg/ton으로 감소했으며 이는 C100에 비해 17.24% 감소한 것이다. 유사하게, BMW30과 BMW40의 제조는 C100에 비해 CO2 배출량을 각각 26.95% 및 37.57% 더 감소시켰다. 시멘트를 소성 점토 및 석회석으로 대체하는 작업을 했으며 IMPACT 2002 방법을 통해 탄소 배출량 감소를 결정했다. 도 10은 4가지 다른 바인더 혼합물, 즉 C100, BMW20, BMW30 및 BMW40의 순서도 결과를 보여준다. 흐름도(순서도)는 IMPACT world + midpoint V1.01 평가 방법을 활용한 활성화된 WCP의 기후 변화 지표 모델링을 기반으로 한다.

[0140] 위 표 3 및 도 8을 참조하면, BMW20, BMW30, BMW40 각각은 잠재적 기후 변화 지수가 C100 보다 각각 15.8%, 23,7%, 32,6% 감소되었다.

[0141] 또한 BMW20, BMW30, BMW40 각각은 C100 보다 각각 9.3%, 14.5%, 19.7% 에너지 소비량이 적었다. 또한 BMW40은 C100보다 광물 자원 소비를 39.8% 적게 하였다.

[0142] 혼합 단계(S40)는 상기 시멘트 대체재 10 ~ 60 중량% 및 상기 시멘트 40 ~ 90 중량%를 단계이기 때문에 보다 환경 친화적인 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물을 제조할 수 있다는 이점이 있다.

[0143] 상기 혼합 단계(S40)는 상기 시멘트 대체재 30 ~ 60 중량% 와 시멘트 40~70 중량%를 혼합하는 단계일 수 있다. 이를 통해 환경 친화적이며 동시에 압축강도 저하를 최소화 할 수 있는 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물을 제조할 수 있다는 이점이 있다.

[0144] 보다 바람직하게는 상기 혼합 단계(S40) 상기 시멘트 대체재 30 ~ 50 중량% 와 시멘트 50~70 중량%를 혼합하는 단계일 수 있다.

[0145] 이하에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 폐콘크리트를 활용한 시멘트 조성물 (이하 '본 조성물' 이라 함)에 대해 설명한다. 본 조성물은 상기한 본 제조 방법에 의해 제조된 것으로서, 상술한 본 제조 방법과 동일하거나 상응하는 기술적 특징을 포함하므로, 앞서 살핀 구성과 동일하거나 유사한 구성에 대해서는 동일한 도면 부호를 사용하고, 중복되는 설명은 간략히 하거나 생략하기로 한다.

[0146] 본 조성물에서 시멘트와 혼합되는 시멘트 대체재는 폐콘크리트 분말이 열처리 단계(S10)에서 열처리되고 냉각 단계(S20)에서 냉각된 것으로, 상기 열처리 단계(S10)에서 열처리 온도는 500℃ 내지 700℃일 수 있으며, 보다 바람직하게는 600℃ 내지 700℃일 수 있다.

[0147] 열처리 단계(S10)에서 소정 시간은 1 ~ 4시간일 수 있고, 바람직하게는 2~3시간일 수 있다.

[0148] 상기 시멘트 대체재는 분쇄되어 100 마이크로미터 이하의 입도를 가질 수 있다.

[0149] 상기 본 조성물은 시멘트 대체재 5 ~ 70 중량% 및 상기 시멘트 30 ~ 95 중량%를 포함할 수 있다.

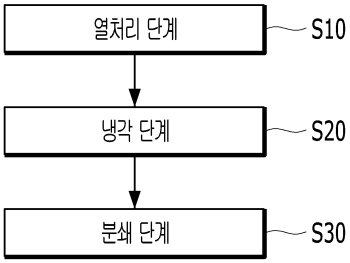
[0150] 바람직하게 본 조성물은 시멘트 대체재 5 ~ 60 중량% 및 상기 시멘트 40 ~ 95 중량%를 포함할 수 있다.

[0151] 보다 바람직하게 시멘트 대체재 30 ~ 60 중량% 와 시멘트 40~70 중량%를 포함할 수 있다.

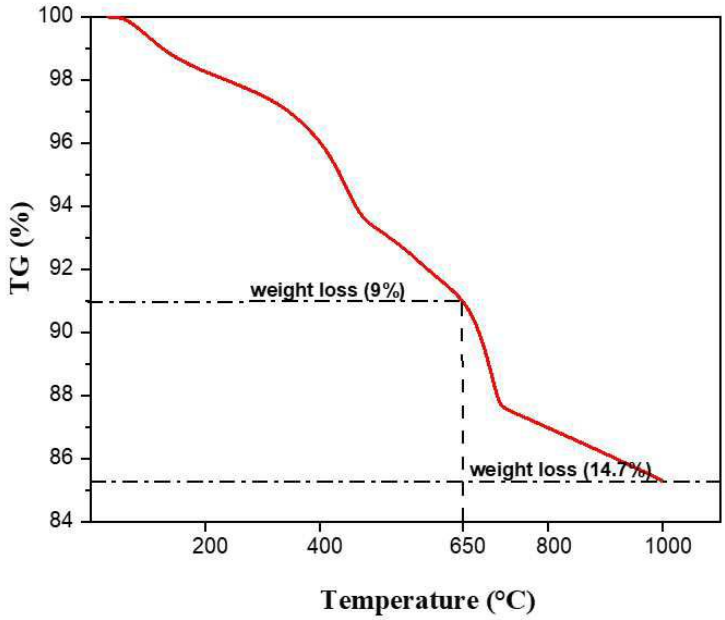
[0152] 이상에서 첨부된 도면을 참조하여 설명한 본 발명은 통상의 기술자에 의하여 다양한 변형 및 변경이 가능하고, 이러한 변형 및 변경은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면

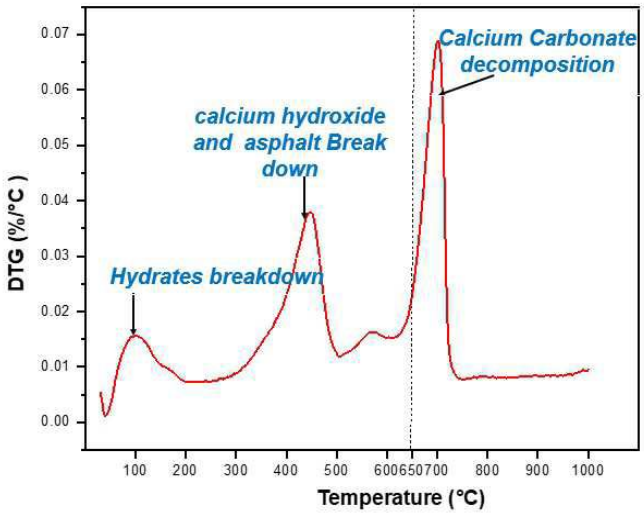
도면1



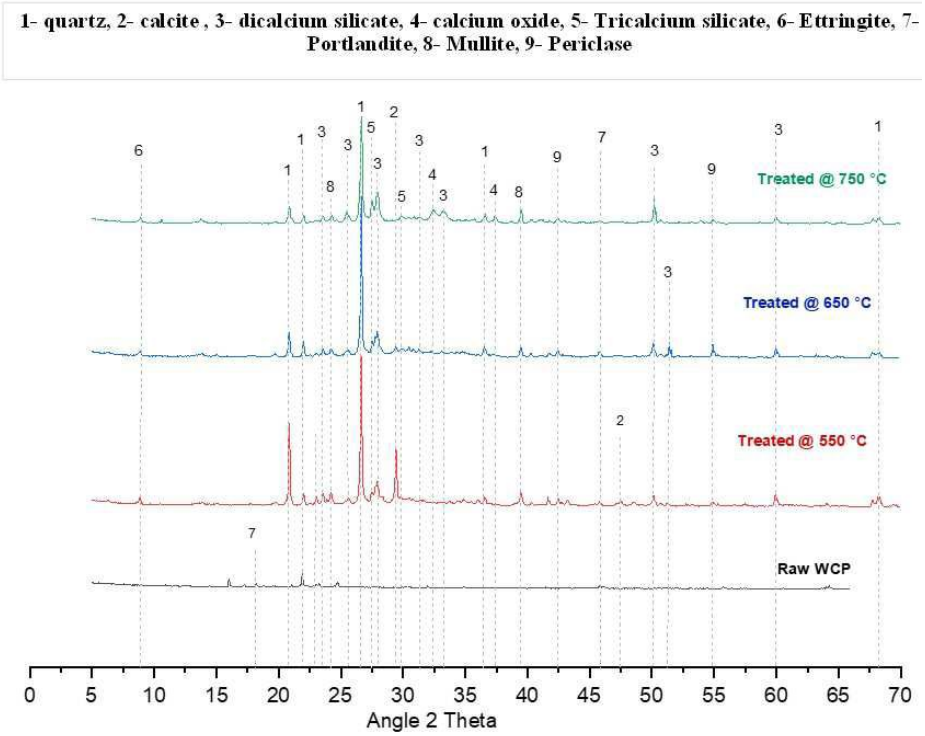
도면2



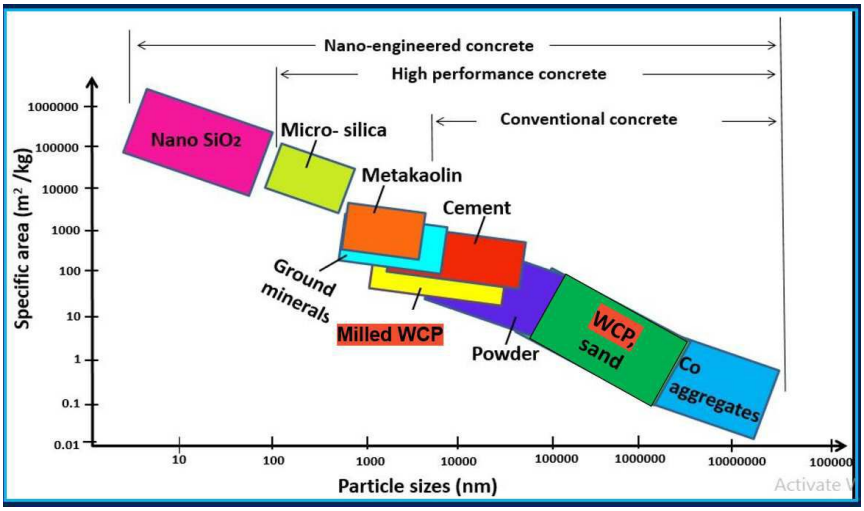
도면3



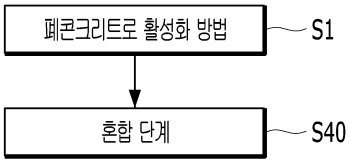
도면4


1- quartz, 2- calcite , 3- dicalcium silicate, 4- calcium oxide, 5- Tricalcium silicate, 6- Ettringite, 7- Portlandite, 8- Mullite, 9- Periclase
Treated @ 750 °C
Treated @ 650 °C
Treated @ 550 °C
Raw WCP
Angle 2 Theta

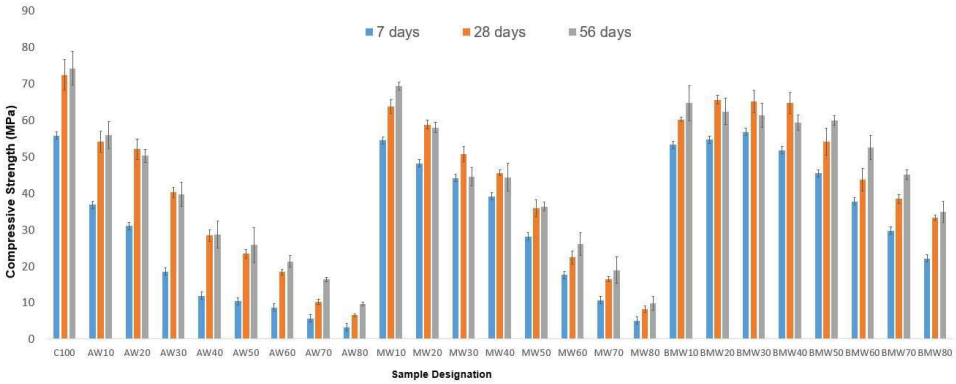
도면5


Nano-engineered concrete
High performance concrete
Conventional concrete
Nano SiO2
Micro- silica
Metakaolin
Cement
Ground minerals
Milled WCP
Powder
WCP sand
Co aggregates
Specific area (m2 /kg)
Particle sizes (nm)

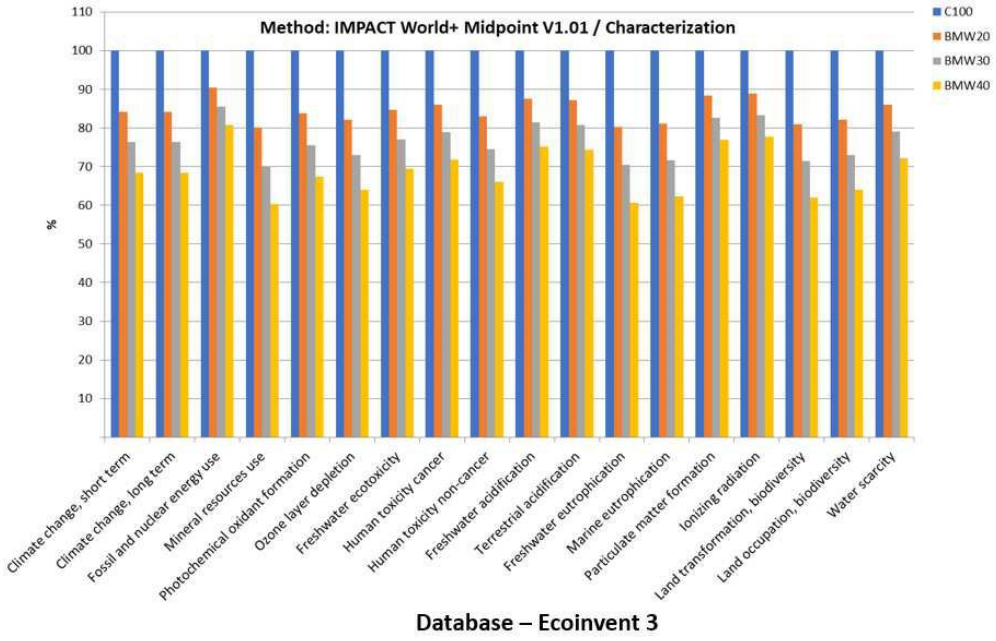
도면6


폐콘크리트로 활성화 방법
S1
혼합 단계
S40

도면7

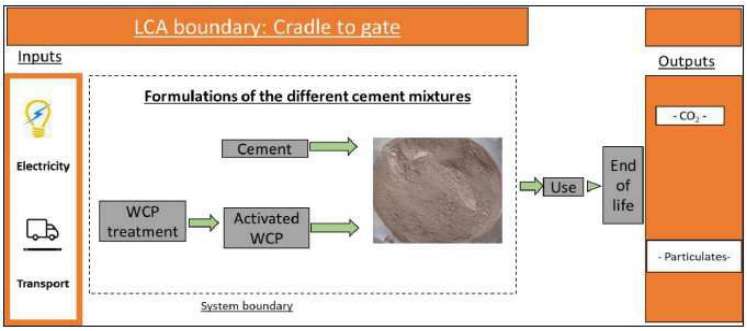


도면8

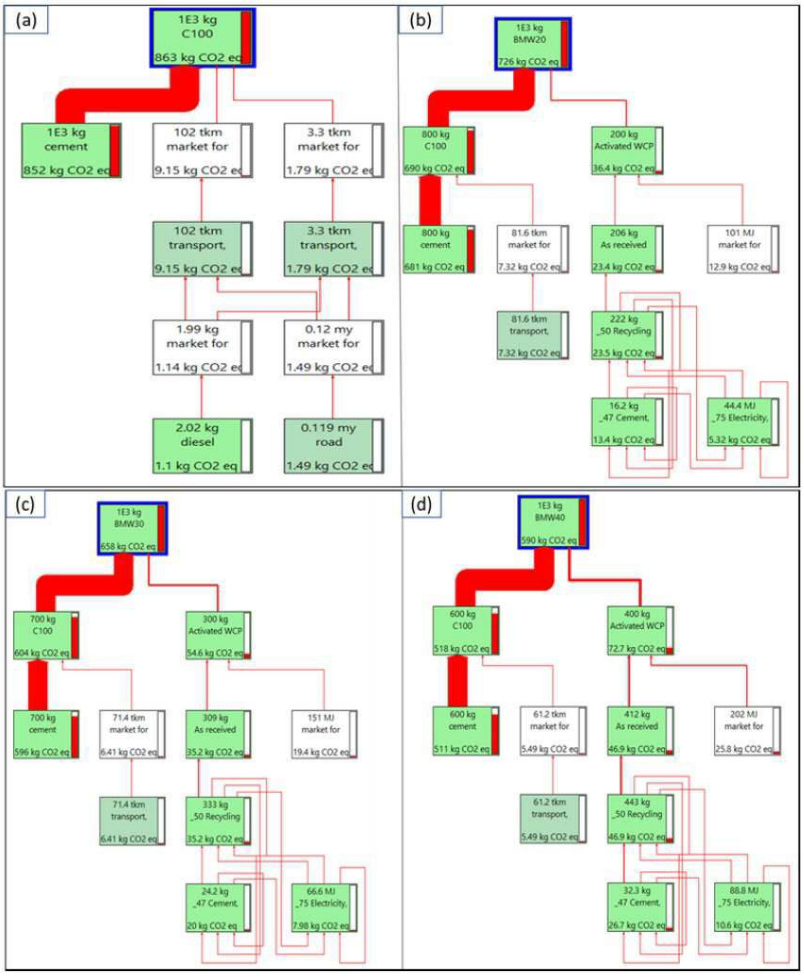


Database – Ecoinvent 3

도면9



도면10


(a)
1E3 kg C100
863 kg CO2 eq
1E3 kg cement
852 kg CO2 eq
102 tkm market for
9.15 kg CO2 eq
3.3 tkm market for
1.79 kg CO2 eq
102 tkm transport,
9.15 kg CO2 eq
3.3 tkm transport,
1.79 kg CO2 eq
1.99 kg market for
1.14 kg CO2 eq
0.12 my market for
1.49 kg CO2 eq
2.02 kg diesel
1.1 kg CO2 eq
0.119 my road
1.49 kg CO2 eq
(b)
1E3 kg BMW20
726 kg CO2 eq
800 kg C100
690 kg CO2 eq
200 kg Activated WCP
36.4 kg CO2 eq
800 kg cement
681 kg CO2 eq
81.6 tkm market for
7.32 kg CO2 eq
206 kg As received
23.4 kg CO2 eq
101 MJ market for
12.9 kg CO2 eq
81.6 tkm transport,
7.32 kg CO2 eq
222 kg _50 Recycling
23.5 kg CO2 eq
16.2 kg _47 Cement,
13.4 kg CO2 eq
44.4 MJ _75 Electricity,
5.32 kg CO2 eq
(c)
1E3 kg BMW30
658 kg CO2 eq
700 kg C100
604 kg CO2 eq
300 kg Activated WCP
54.6 kg CO2 eq
700 kg cement
596 kg CO2 eq
71.4 tkm market for
6.41 kg CO2 eq
309 kg As received
35.2 kg CO2 eq
151 MJ market for
19.4 kg CO2 eq
71.4 tkm transport,
6.41 kg CO2 eq
333 kg _50 Recycling
35.2 kg CO2 eq
24.2 kg _47 Cement,
20 kg CO2 eq
66.6 MJ _75 Electricity,
7.98 kg CO2 eq
(d)
1E3 kg BMW40
590 kg CO2 eq
600 kg C100
518 kg CO2 eq
400 kg Activated WCP
72.7 kg CO2 eq
600 kg cement
511 kg CO2 eq
61.2 tkm market for
5.49 kg CO2 eq
412 kg As received
46.9 kg CO2 eq
202 MJ market for
25.8 kg CO2 eq
61.2 tkm transport,
5.49 kg CO2 eq
443 kg _50 Recycling
46.9 kg CO2 eq
32.3 kg _47 Cement,
26.7 kg CO2 eq
88.8 MJ _75 Electricity,
10.6 kg CO2 eq