

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁶
C04B 7/345

(45) 공고일자 1997년01월01일
(11) 공고번호 특1997-0001242
(24) 등록일자 1997년02월04일

(21) 출원번호	특1993-0703028	(65) 공개번호	특1994-0700300
(22) 출원일자	1993년 10월 07일	(43) 공개일자	1994년 02월 21일
(86) 국제출원번호	PCT/JP 92/00430	(87) 국제공개번호	WO 92/18434
(86) 국제출원일자	1992년 04월 07일	(87) 국제공개일자	1992년 10월 29일

(30) 우선권 주장 3-161975 1991년 04월 09일 일본(JP)
3-329423 1991년 10월 11일 일본(JP)

(73) 특허권자 니혼 세멘토 가부시끼가이샤 기무라 미찌오

일본국 도오교도 지요다구 오오데마찌 1쵸메 6방 1고

(72) 발명자 나카쓰 가즈야

일본국 도오교도 기따구 우끼마 1쵸메 3-1-509

고토 다카하루

일본국 지바켄 이찌가와시 이찌가와 미나미 3쵸메 14-16-810

히가끼 도루

일본국 도오교도 기따구 우끼마 1쵸메 3-1-612

엔도 히데끼

일본국 지바켄 후나바시시 가이진 4쵸메 2-6

히로세 사토루

일본국 도오교도 오오따구 가미이께다이 1쵸메 42-8

야마자키 유키노리

일본국 지바켄 이찌가와시 미나미 야와따 4쵸메 12-5-1201

(74) 대리인 윤동열

심사관 : 정삼섭 (책자공보 제4802호)

(54) 저발열형 시멘트 조성물

요약

내용없음

명세서

[발명의 명칭]

저발열형 시멘트 조성물

[발명의 상세한 설명]

[기술분야]

본 발명은 주로 비정질(非晶質)로 구성되는 특정조성비의 CaO-SiO₂-Al₂O₃ 계 저발열형 시멘트 조성물에 관한 것이다.

[배경기술]

댐, 큰 교량의 기반 구축, 고층 건물의 기초, LNG 탱크나 원자력 발전소의 기초 등 대규모의 콘크리트 건축공사에서는 콘크리트를 쳐낼 때 시멘트의 수화열이 경화 콘크리트에 축열된다. 그 결과 경화한 콘크리트는 내부의 온도가 높아지고, 그 표면 부근은 외기온도에 가까운 낮은 온도가 된다. 이 양자간의 온도 차이가 열팽창률의 차이로 나타나서 콘크리트에 금이 가게 된다.

이 결점을 해소하기 위하여 발열량이 적은 시멘트나 그의 제조방법 등이 연구되고 있다. 예를들면, 포오틀란드 시멘트에 포함되는 광물의 구성비율을 변경하거나(예를들어 수화열이 적은 규산이석회를 주성분으로 한다), 또는 시멘트의 입자분포를 바꾸거나 또는 공사 현장에 있어서는, 모르타르나 콘크리트를 섞어 이길 때 물/시멘트를 적게하는 방법등이 있다(시멘트 협회 주최, 제249회 콘크리트 강습회 텍스트 pp35~43, 1990).

본 발명에 관련된 CaO-SiO₂-Al₂O₃ 계 조성물로서 슬래그(slag)와 시멘트를 배합한 혼합 시멘트도 알려져 있다.

관련된 대표적인 문헌의 하나는 시멘트 기술연보, 11권, pp125~133(1957)이다. 이 문헌에는 시료로서 시멘트 제조인이 시판의 슬래그와 포틀랜드 시멘트를 30~70대 70~30(중량비)로 배합한 각종의 혼합 시멘트(고로(高爐)시멘트를 제조하여, 이것을 써서 모르타르를 만들고, 그 경화체에 있어서 재료연령 90일의 압축강도(σ_n)/수화열(Hn)을 측정한 바, 5.0~6.8이었다고 기재되어 있다. 그 결과 이 혼합 시멘트는 반드시 저발열형은 아니고, 만약 수화열을 중용열 시멘트와 같은 정도로 하고 싶으면 슬래그의 배합량을 50~60%로 한 혼합 시멘트가 적당하다고 결론짓고 있다.

이 문헌에 나타나 슬래그는 일반적인 것이고, 그 조성은 CaO 38.7~41.9%, SiO_2 31.8~34.3%(CaO/SiO_2 (몰비)는 1.21~1.412), Al_2O_3 14.4~19.2%, 기타 MgO 등의 불순물 수 %를 포함한다.

또 하나의 문헌은 시멘트 기술연보, 6권, pp49~56(1952)의 기재다. 즉 원료를 녹여서 급랭하여, 조성이 다른 다수의 $\text{CaO-SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ 계 조성물을 합성한 후, 비표면적 $3100\text{cm}^2/\text{g}$ 전후로 부셔서 슬래그 분말을 제조한다. 이어서 이 슬래그 분말과 포틀랜드 시멘트(자극제)와를 중량비로 0.8 대 0.2의 비율로 배합한 혼합 시멘트를 제조한다. 그 혼합 시멘트를 사용하여 모래/혼합 시멘트는 1, 물/혼합 시멘트는 0.45의 모르타르 혼련물(반죽)을 제조한 후, 직경 1cm, 높이 2cm 모양을 이루어 모르타르 경화체를 만들고, 원료 연령 1주와 4주에 있어서의 압축 강도의 측정결과를 나타내고 있다. 그 결론으로서, 비교적 높은 압축 강도를 발현하는 슬래그의 조성은, CaO 47~52%, SiO_2 33~37%(CaO/SiO_2 (몰비)는 1.36~1.69), Al_2O_3 14~18%의 범위가 최적이라고 설명하고 있다. 더욱이 이 문헌에서는 수화열의 기재는 없다.

저발열형의 시멘트로서 대표적인 중용열 포틀랜드 시멘트는 재료 연령 1주 및 13주에 있어서의 압축 강도가 $100\sim200\text{kg}/\text{cm}^2$, $300\sim500\text{kg}/\text{cm}^2$ 로 낮고, 수화열은 각각 $50\sim70\text{cal}/\text{g}$, $80\sim95\text{cal}/\text{g}$ 로 상당히 높다. 재료연령 13주의 압축 강도/수화열은 3.1~6.3이다.

따라서 이 시멘트를 사용한 상기 용도의 공사는 콘크리트 섞은 반죽(혼련물)을 쳐넣어 경화시킨 후 물을 뿌려 냉각시키거나 또는 이 혼련물을 부분적으로 쳐넣은 상태로 장기간 방치하여, 경화한 콘크리트 내의 열을 방산시켜 온도를 내리고, 이어서 인접부분을 새 콘크리트 혼련물로 쳐넣어가는 방법이 사용되고 있다. 그러므로 살수 냉각작업 공정을 필요로 하거나 또는 자연 방냉에 의해 공사기간이 현저히 장기화하는 등 각각 결점이 있다.

또 포틀랜드 시멘트-고로(高爐) 슬래그 분말-플라이 애쉬(fly ash)계 혼합 시멘트나 상기한 규산이석회를 주로 하는 시멘트도 알려져 있으나 어느 편도 압축 강도가 매우 낮기 때문에 그 시멘트들은 대규모의 콘크리트에는 거의 이용되지 않으며 오로지 특수 조건하에서의 용도에만 소량 사용되고 있을 뿐이다.

이상에서 종래의 시멘트는 대규모의 콘크리트 건설공사에 사용되는 경우 장기 재료연령에 있어서의 압축 강도 및 수화열의 양쪽을 만족시키지 않아 그것에 대체되는 시멘트가 기대되어 왔다.

[발명의 개시]

상기와 같은 배경 기술로부터 대규모의 콘크리트 구조물을 시공하려면 사용하는 시멘트가 장기간 저수화열이어야 한다는 것과 적당한 압축 강도를 발현하는 것이 중요하다는 것이 밝혀졌다.

일반적인 용도에 사용되는 모르타르·콘크리트의 특성 평가(압축 강도, 수화열)는 재료연령 1주 또는 4주에서도 할 수 있지만 상기한 것을 고려할 때 대규모의 콘크리트에 사용하는 시멘트는 4주 이하의 짧은 재료 연령만으로 평가하는 것은 적당치 못하다. 더욱이 상기한 2가지 특성은 밀접하게 관련돼 있으므로 그것들을 하나의 바로메타로 평가하는 것이 가장 합당하다.

이상으로부터 대규모 콘크리트용 시멘트의 평가는 재료연령 13주에 있어서의 압축 강도/수화열에 의한 평가가 적절하다고 판단했다.

본 발명자들은 상기한 조건에 적응하는 소재로서 $\text{CaO-SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ 계 조성물을 중심으로 다음과 같은 목적을 갖고 연구하였다.

즉 본 발명의 첫째 목적은 $\text{CaO-SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ 계, 특히 Al_2O_3 함유량이 적은 영역에 있어서 주로 비결정체로 된 시멘트 조성물을 개발하는 것이다.

둘째 목적은 재료연령 13주에 있어서 압축 강도/수화열이 적어도 7.0 이상인 시멘트 조성물을 개발하는 것이다.

본 발명을 보다 상세히 설명한다.

본 발명의 $\text{CaO-SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ 계 조성물은 수화반응이 완만하고 압축 강도 및 수화열도 장기간에 걸쳐 발현하고 발열한다. 재료연령 4주에서의 이 조성물은 아직 반응 과정에 있고 그 시점의 측정치에서 압축 강도나 수화열의 최소치를 추정하는 것은 무리이며 또 측정치는 분산도가 크고 신뢰성이 낮다. 이런 관점에서 본 발명의 시멘트 조성물에 관한 상기한 두 특성의 평가는 재료연령 13주에 있어서의 측정결과를 주로 하여 이루어졌다.

본 발명은 주로 비정질의 분말로 이루어지며, CaO/SiO_2 (몰비)가 0.8~1.5, Al_2O_3 가 1.0~10.0중량%인 $\text{CaO-SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ 계의 저발열형 시멘트 조성물에 관한 것이다.

화학 조성의 관점에서 보면 이 종류의 시멘트 조성물의 일부는, 그 자체가 실험적으로 합성되어 공지된 것이다. 그러나 이 공지의 조성물은 재료연령 4주에서는 압축 강도가 매우 낮고 실용성이 없다고(수화열도 무시되었다)해서 대규모 콘크리트에용의 적용 가부도 검토되지 않고 불명인채 오늘에 이르고 있다.

또 혼합 시멘트(고로 시멘트)의 소재로서 사용되는 $\text{CaO-SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ 계를 주로 하는 고로 슬래그는 고로의 조업이나 선철의 순도를 좋게 하는 까닭에, Al_2O_3 함유량이 14~18중량%로 조정되어 있고, Al_2O_3 의 함유량이 14중량% 이하로는 제조되고 있지 않았다.

그러나 발명자들이 $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ 계 조성물에 대하여 여러 가지 각도에서 연구한 결과, 적당히 분쇄한 특정영역의 조성물은 대규모의 콘크리트를 제조하기 위하여 요구되는 재료연령 13주에 있어서의 수화열도 낮고 적절한 압축강도도 나타내서 압축 강도/수화열의 조건에 적합하다는 것을 알게되었다. 여기에 본 발명의 특징이 있다.

그리고 상기 용도에 대하여 시멘트 조성물이 시멘트로서 충분히 실용성을 갖고 있다는 것을 확인하였다.

재료연령 13주에 있어서의 압축 강도/수화열은 종래의 슬래그가 5.0~6.8인데 대하여 본 발명의 시멘트 조성물은 7.0~15로서 상당히 높아 산업상 충분히 이용될 수 있다. 바람직한 것은 8.0이상, 보다 바람직한 것은 10.0 이상이다.

이 시멘트 조성물에 함유되는 비결정체의 비율(이하에서는 유리화율이라 함)은 60% 이상, 바람직하게는 80% 이상이다.

비정질 이외의 부분에는 각종의 광물이 함유되어 있다. 그 광물은 사용된 원료중의 불순물 또는 제조조건(용융조건이나 냉각속도 등)의 분산에 의해 생긴 것이다. 주된 광물은 윌라스토나이트($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), 란키나이트($3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2$), 규산이석회($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), 겔레나이트(gehlenite)($2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$) 등이다. 이들 광물은 수화를 안하거나 또는 수화반응이 극히 완만해서 수화열을 높이는 따위의 악영향은 거의 없다. 결국 압축 강도/수화열을 저하시키는 일은 없다.

화학 조성에 대하여 후술한다.

시멘트 조성물은 실질적으로 CaO , SiO_2 및 Al_2O_3 의 세 개의 화합물로 되며 그외는 상술한 원료, 제조과정 등에서 불가피하게 혼입된 불순물이다.

CaO/SiO_2 (몰비)가 1.5를 넘으면 용융온도가 높아짐과 아울러 원료용융물을 빙수 속에 넣어 급냉하여도 결정질이 비교적 많은 시멘트 조성물이 만들어지고, 그 때문에 압축 강도가 낮고 또 수화열이 높아져서 바람직하지 못하다. 한편 0.8 미만으로하면 용융온도 및 비정질화 조건에의 영향은 거의 없으나 시멘트 조성물의 수화 반응이 매우 늦어지고 압축 강도도 거의 나타나지 않으면 압축 강도/수화열도 적어지므로 바람직하지 못하다. 바람직한 범위란 0.9~1.4, 보다 바람직한 범위는 1.0~1.30이다.

Al_2O_3 함유량이 적을수록 수화열에는 좋지만 원료의 용융온도는 올라가서, 비정질의 비율 및 초기 강도가 저하되는 경향은 보인다. 그러므로 시멘트 조성물을 이용하는 초기강도가 극단적으로 너무 낮으면 13주에 있어서, 강도의 발현도 낮고 결과적으로 압축 강도/수화열도 작을 뿐만 아니라 장기간 형틀이 탈형이 안되어 바람직하지 못하다. 이로 인해서 Al_2O_3 함량은 적어도 1.0중량% 이상 필요하다. 또 Al_2O_3 가 10.0%를 넘으면 비정질의 비율과 압축 강도가 급격히 저하되므로 좋지 않다. 수화열을 억제하기 위하여 그 함유량을 10.0중량% 이하, 적절한 초기강도를 발현하기 위해서는 1.0중량% 이상 함유시키는 것이 바람직하다. 바람직한 Al_2O_3 의 함유량은 2.0~8.0중량%, 가장 바람직한 것은 3.0~6.0중량%이다.

시멘트 조성물의 섬세도는 $3000\text{cm}^2/\text{g}$ 이상이다. 고출수록 압축 강도가 향상되는 경향이 있다. 그러나 구화열에의 영향은 의외로 적다. 그러므로 시멘트 조성물의 사용목적에 따라서는 고온 것이 좋을때도 있으나 너무 곱게하면 제조비용이 높아져서 경제적으로 불리하다. 바람직한 섬세도는 $4000\sim 1000\text{cm}^2/\text{g}$ 이다.

다음에 상기한 시멘트 조성물의 제조방법을 설명한다.

CaO 용 원료(예: 석회석), SiO_2 용 원료(예: 규석) 및 Al_2O_3 용 원료(예: 알루미늄)의 각 분말을 상술한 화학적 비율 및 조성이 되게 혼합한다. 이 경우 Al_2O_3 용 원료는 CaO 용 원료 및 SiO_2 용 원료에 충분한 양의 Al_2O_3 가 함유되어 있으며 반드시 사용할 필요는 없다. 얻어진 혼합원료를 관용의 용융로(예: 전기로)에 넣고 충분히 녹인(1350°C , 이상) 뒤, 용융물을 빙수에 넣어 급냉시켜, 공장 고집어 낸다. 이어서 일반적인 분쇄 수단(예: 볼밀)으로 원하는 섬세도로 분쇄함으로써 본 발명의 저발열형시멘트의 조성물이 제조된다.

본 발명의 저발열형 시멘트는 목적을 해치지 않는 범위에서 시판의 슬래그, 플라이 애쉬, 포졸란(pozzolan), 석회석, 규석 등의 분말을 첨가해도 좋다. 본 발명은 CaO , SiO_2 , Al_2O_3 를 주성분으로 하고 CaO/SiO_2 (몰비), Al_2O_3 함유량 등을 특정 범위로 정한 비정물을 주로 포함하는 시멘트 조성물에 관한 것이다.

이 시멘트 조성물은 종래 수경성이 낮다고 무시되어 온 영역의 $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ 계 조성물을, 대규모의 콘크리트에의 이용목적으로 장기적 입장에서 압축 강도와 수화열에 착안하여, 특히 재료연령 13주에 있어서의 압축 강도/수화열의 관점에서 개발한 새로운 시멘트이다.

이 시멘트 조성물은 대규모의 콘크리트에 요구되는 여러 조건을 충분히 충족시키고 있다. 이런 시멘트 조성물의 출현은 시멘트를 중요한 건설자재로 사용하는 건설업계에 이바지 하는 바 크다.

또 본 발명에 따른 상기한 시멘트 조성물로부터 제조한 경화체를 가열(900°C 부근)하면 윌라스토나이트($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)가 생성되기 때문에 통상적 포틀랜드 시멘트로 제조한 경화체보다도 내열성이 뛰어나다. 더구나 본 발명의 시멘트 조성물의 CaO 함유량이 일반적 포틀랜드 시멘트의 그것보다 약 20중량%나 적어도 것은 ① 이 시멘트 조성물의 제조과정에서 방출되는 CO_2 가스량이 적다 ② GRC(섬유보강 콘크리트)는 종래부터 시멘트의 CaO 에 근거하는 열화가 문제였지만 그 GRC용 시멘트로서 유용하다는 부차적 효과를 자아낸다.

다음에 본 발명을 실시예에 따라 설명한다.

발명을 수행하는 최상의 방법

실시예 1

CaO/SiO₂ (몰비)가 상이한 여러 가지 분말을 제조하여 하기 3가지 특성을 측정했다.

사용원료는 다음과 같다.

- CaO용 원료 : 시라다쓰(白辰)화학연구소제품 탄산제품 순도 99.8중량% 비표면 4030cm² /g
- SiO₂ 용 원료 : 히무로(日室)고업사제품 하이실리카 FS-1 순도 99.6중량% 평균 입자경 4.2μm
- Al₂O₃ 용 원료 : 쇼와 전공사 제품 세립 알루미나 AL-45-H 순도 99.9중량% 평균입자 3.0μm

우선 상기한 CaO용 원료와 SiO₂ 용 원료를 사용하여 표 1에 나타나는 CaO/SiO₂ (몰비)의 비율 되게끔 혼합하였다. 얻어진 각 혼합물에, Al₂O₃ 함유량이 8.0중량%가 되게끔 Al₂O₃ 용 원료를 혼합하였다. 다음에 바인더로서는 폴리부틸 알콜 및 용매로서는 에틸 알콜을 첨가하여 섞은 후 직경 5~10mm의 펠릿을 만들었다.

그 펠릿을 건조한 후, 1000℃로 3시간 연소시키고 이어 전기로로 1750℃로 30분간 녹인 후, 그 용융물을 빙수 중에 넣어 급냉하고 곧장 고집어 내었다. 또 표 1, 실험 No. 4는 용융물을 공기중에서 방냉하였다.

얻어진 급냉물을 철제 볼밀로 분쇄하고 비표면적 5000±100cm² /g의 분말을 만들었다.

각 분말의 비정질의 비율은 XRD(X선 회절) 및 현미경으로 측정하고 유리화율로서 표시하며 압축 강도 및 수화열은 일본 공업 규격(JIS)로 측정하였다. 압축 강도는 JIS R 5201 시멘트의 물리 시험 방법에 준하여 이 분말 520중량부, 표준모래 1040중량부 및 물 338중량부를 혼련하여 모르타르 혼련물(물/시멘트 조성물은 0.65)을 만들고 치수 4×4×16cm로 성형하여 얻은 공시체(供試體)를 표 1에 보여주는 재료연령에 따라 측정하였다.

응결시험도 상기한 JIS R 5201에 따라서 페이스트에 의해 측정하였다.

수화열은 이 분말 100중량부에 물 50중량부를 가하고 3분간 반죽하여 얻게된 페이스트를 JIS R 5203시멘트의 수화열 측정 방법(용해열 방법)에 준하여 측정하였다.

각 측정결과는 표 1에 병기하였다. 또 압축 강도/수화열 및 압축 강도를 일정(300kgf/cm²)하게 했을때의 추정 수화열을 표 2에 병기하였다. 이 발명은 실험 No.3~6이다.

[표 1]

실험 No.	조성물 CaO/SiO ₂ (몰비)	비중	무리화율 (%)	압 강도(kgf/cm ²)			수화열(cal/g)			응결시간(시-분)	
				1W	4W	13W	1W	4W	13W	시	분
1	0.30	—	—	(원료 녹지 않음)			—	—	—	—	—
2	0.50	2.84	79.5	경화 안됨			—	—	—	—	—
3	0.80	2.92	82.5	80	204	441	18.0	24.7	29.4	5-48	9-12
4	1.20	—	52.5	85	152	320	18.6	22.8	33.0	5-54	9-16
5	1.20	2.94	99.0	92	228	380	21.5	33.6	35.9	5-37	9-58
6	1.50	2.96	80.2	95	202	373	30.8	40.5	45.6	5-33	9-45
7	1.80	—	—	(원료 녹지 않음)			—	—	—	—	—
8	응결열 포로들만도 시험함	—	—	195	335	493	55.1	70.4	81.4	2-46	5-21

[표 2]

실험 No.	1	2	3	4	5	6	7	8
추정 수화열(cal/g)	—	—	26.6	31.8	34.7	43.4	—	66.8
압축강도/수화열(13W)	—	—	15.0	9.7	10.6	8.2	—	6.1

실시예 2

Al₂O₃ 함유량이 다른 여러 가지 분말을 제조하여 그것들의 특성을 조사하였다. CaO용 원료와 SiO₂ 용 원료를 섞을 때 CaO/SiO₂ (몰비)를 1.20으로 일정하게 하고 또 Al₂O₃ 용 원료를 표 3에 나타낸 비율이 되게 혼합한 외는 실시예 1의 절차에 따라 분말을 만들어 측정하고 얻은 결과를 표 3 및 표 4에 병기하였다. 본 발명은 실험 No. 9~11이다.

[표 3]

실험 No.	조성물 Al_2O_3 (중량%)	비중	유리화율 (%)	강 도(kgf/cm ²)			수화열(cal/g)			응결시간(시-분)	
				1W	4W	13W	1W	4W	13W	시 발	종 결
9	1.0	2.94	99.3	83	203	432	17.8	24.8	29.1	5-42	9-11
10	6.0	2.96	99.9	85	204	440	18.6	31.8	37.9	5-48	9-15
11	10.0	2.97	98.5	92	198	370	21.5	33.6	38.9	5-39	9-07
12	12.0	2.98	98.5	경 화 안 함			-	-	-	-	-

[표 4]

실험 No.	9	10	11	12
추정 수화열(cal/g)	26.6	34.3	36.7	-
압축강도/수화열(13W)	14.8	11.6	9.5	-

(57) 청구의 범위**청구항 1**

CaO/SiO₂ (몰비)가 0.8~1.5, Al₂O₃ 함유량이 1.0~10.0중량%이며 주로 비정질로 이루어짐을 특징으로 하는 저발열형 시멘트 조성물.

청구항 2

제1항에 있어서, 비정질의 비율이 80중량% 이상임을 특징으로 하는 저발열형 시멘트 조성물.

청구항 3

제1항에 있어서, CaO/SiO₂ (몰비)가 0.9~1.4임을 특징으로 하는 저발열형 시멘트 조성물.

청구항 4

제1항에 있어서, CaO/SiO₂ (몰비)가 1.0~1.3임을 특징으로 하는 저발열형 시멘트 조성물.

청구항 5

제1항에 있어서, Al₂O₃ 함유량이 2.0~8.0중량%임을 특징으로 하는 저발열형 시멘트 조성물.

청구항 6

제1항에 있어서, Al₂O₃ 함유량이 3.0~6.0중량%임을 특징으로 하는 저발열형 시멘트 조성물.

청구항 7

제1항에 있어서, 섬세도가 3000cm²/g 이상임을 특징으로 하는 저발열형 시멘트 조성물.

청구항 8

제1항에 있어서, 굵기가 4000~10000cm²/g 이상임을 특징으로 하는 저발열형 시멘트 조성물.

청구항 9

제1항에 있어서, 재료연령 13주에 있어서의 압축 강도/수화열이 7.0 이상임을 특징으로 하는 저발열형 시멘트 조성물.

청구항 10

제1항에 있어서, 재료연령 13주에 있어서의 압축 강도/수화열이 8.0 이상임을 특징으로 하는 저발열형 시멘트 조성물.

청구항 11

제1항에 있어서, 산화붕소를 포함함을 특징으로 하는 저발열형 시멘트 조성물.