



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2008년12월15일  
 (11) 등록번호 10-0873514  
 (24) 등록일자 2008년12월04일

(51) Int. Cl.  
 C04B 22/06 (2006.01) C04B 28/02 (2006.01)  
 C04B 14/02 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2007-0088896  
 (22) 출원일자 2007년09월03일  
 심사청구일자 2007년09월03일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR1020010064830 A\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
 한국건설기술연구원  
 경기도 고양시 일산구 대화동 2311-1  
 (72) 발명자  
 박정준  
 경기 파주시 교하읍 와동리 교하월드베르디앙1차  
 아파트 105-907  
 고경택  
 경기 파주시 교하읍 와동리 동문2차아파트 207동  
 501호  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
 송세근

전체 청구항 수 : 총 3 항

심사관 : 신상훈

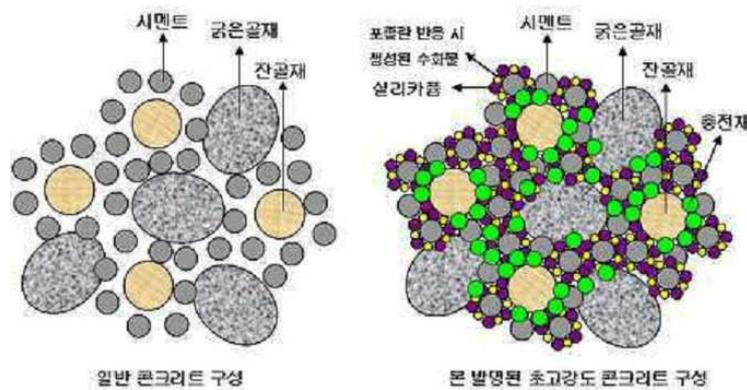
**(54) 초고강도 콘크리트용 결합재 및 이를 이용한 콘크리트의제조방법**

**(57) 요약**

본 발명은 초고강도 콘크리트용 결합재 및 이를 이용한 콘크리트 제조방법에 관한 것으로, 초고강도 콘크리트 결합재를 적정비율의 시멘트, 실리카흙, 충전제로 구성하여 포졸란 반응과 필러효과가 조화를 이루게 하는 것으로 초고강도를 실현하도록 하고 초고강도 콘크리트 제조 시 공기량조절을 사용하여 콘크리트 내부에 발생된 기포를 제거하여 강도를 더욱 증진시키는 초고강도 콘크리트의 결합재 및 이를 이용한 콘크리트 제조방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은 초고강도 콘크리트용 결합재에 관한 것으로, 초고강도 콘크리트 배합설계의 단위시멘트량을 구성하는 결합재의 조성이 시멘트 50~90중량%, 실리카흙 5~20중량%, 충전제(실리카플로우) 5~30중량%로 구성되는 것을 특징으로 하며, 상기 결합재를 이용하여 초고강도 콘크리트를 제조하는 방법으로 한다.

**대표도 - 도1**



(72) 발명자

**김성욱**

경기 고양시 일산서구 주엽1동 38번지 강선마을  
206-701

**강수태**

경기 고양시 덕양구 토당동 한라아파트 102-501

**류금성**

경기 고양시 일산서구 일산3동 후곡마을 1102-403

**이종석**

경기 고양시 일산서구 탄현동 탄현마을 806동 130  
4호

**이장화**

경기 고양시 일산서구 주엽동 강선마을 벽산아파트  
102-903

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

초고강도 콘크리트 배합설계의 단위시멘트량을 구성하는 결합재의 조성이 시멘트 50~90중량%, 실리카흙 5~20중량%, 충전재 5~30중량%로 구성되도록 하되, 상기 충전재는 SiO<sub>2</sub> 성분이 90% 이상이고, 평균입경이 25 $\mu$ m이 하인 분말인 것을 특징으로 하는 초고강도 콘크리트용 결합재.

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

삭제

**청구항 4**

결합재, 배합수, 잔골재, 굵은골재를 포함하여 구성되는 초고강도 콘크리트를 제조하는 방법에 있어서, 1m<sup>3</sup>을 구성하는 콘크리트에 대하여 단위수량을 140~160kg/m<sup>3</sup>으로 물을 준비하는 단계;  
 청구항 1항의 결합재를 이용하여, 물-결합재비(W/B)가 10~30중량%가 되도록 배합하고, 사용된 결합재의 함량대비 1~5중량%의 폴리칼본산계 고성능감수제를 배합하여 배합수를 준비하는 단계;  
 상기 잔골재와 굵은골재를 잔골재율이 40~70중량%가 되도록 골재를 준비하는 단계; 및  
 상기 준비물들을 혼합하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 초고강도 콘크리트 결합재를 이용한 콘크리트 제조방법.

**청구항 5**

제 4 항에 있어서,  
 상기 배합수에 상기 고성능감수제의 함량대비 1.5중량%이하의 소포제를 첨가하는 것을 특징으로 하는 초고강도 콘크리트 결합재를 이용한 콘크리트 제조방법.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**기술분야**

<1> 본 발명은 초고강도 콘크리트의 결합재 및 이를 이용하여 초고강도 콘크리트를 제조하는 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 시멘트와 실리카흙, 충전재(실리카플로우)를 초고강도를 발휘할 수 있도록 이들 재료를 일정한 비율로 혼합하여 결합재로 구성하고, 이러한 결합재를 이용하여 낮은 물-결합재비(또는 물-시멘트비)에서 모래와 굵은 골재를 사용하고 감수제를 사용하고, 또한 공기량조절제(소포제)를 사용하여 콘크리트 제조 시 생성되는 콘크리트 내부의 기포를 소멸되도록 하여 콘크리트 경화 후 내부에 생성될 수 있는 공극을 감쇄시켜 초고강도 콘크리트를 얻는 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

<2> 근래에 콘크리트 구조물의 자중경감이나 부재단면을 축소시켜 유효공간을 더욱 확보하기 위해 콘크리트의 압축강도를 대폭 향상시키는 100MPa 이상의 압축강도를 지니는 초고강도 콘크리트에 관한 연구가 활발히 진행되어지고 있다.

<3> 이러한 초고강도 콘크리트는 일반적으로 그 압축강도를 높이기 위해 배합설계 시 시멘트 또는 시멘트와 광물질 혼화제로 구성된 결합재의 사용량인 단위 시멘트량을 높이고 단위수량을 대폭 낮추어 낮은 물-시멘트비(또는 물-결합재비)로 구성하여 일정한 잔골재율(S/a)로 구성된 모래와 굵은골재와 혼합하여 이를 비빌 수 있는 장치인 믹서기를 사용하여 제조한다.

- <4> 이때 낮은 물-시멘트비(또는 물-결합재비)에서는 이들 재료 상호간에 잘 비벼지지 않기 때문에 고성능 감수제를 사용하여 시공 시 콘크리트 타설에 필요한 유동성을 확보하고 있는데, 이 같은 고성능감수제는 폴리칼본산계가 주로 쓰이고 있다.
- <5> 이때 초고강도 콘크리트의 필요한 유동성은 다짐이 필요 없거나 다짐을 거의 하지 않아도 철근 등이 배근된 거푸집 내에 치밀하게 충전되도록 높은 유동성과 간극투과성을 갖고, 또한 유동 중에 재료의 분리가 발생하지 않고 필요한 균질성이 확보되는 고유동 콘크리트의 기준에 맞춰지고 있다.
- <6> 고유동 콘크리트란 자기충진형 고유동 콘크리트라고도 하며, 대단히 높은 유동성을 가진 콘크리트를 의미하는 것으로 통상 슬럼프 플로우 600mm 내외를 기준으로 그 이상의 슬럼프 플로우를 갖는 콘크리트를 고유동 콘크리트라고 하는데, 이러한 기술을 접목시켜 초고강도 콘크리트를 제조하고 있는 실정이다.
- <7> 이러한 초고강도 콘크리트는 단순히 압축강도 뿐만 아니라 유동성 및 내구성을 향상시키기 위해 시멘트만을 사용하기 보다는 실리카흙, 고로슬래그, 플라이애쉬, 석회석미분말 등의 광물질 혼화제를 적절히 선택하여 시멘트와 적절한 비율로 결합재를 구성하여 단위 시멘트량을 정하고 있는데, 이 같은 결합재의 구성방법과 제조방법은 초고강도 콘크리트에 있어 매우 중요하다.
- <8> 초고강도 콘크리트의 구성방법은 시멘트에 실리카흙, 고로슬래그 미분말, 플라이애쉬, 석회석미분말 등의 광물질들을 시멘트와 한 가지 광물질 재료를 혼합한 이성분계 또는 두 가지 종류의 재료를 혼합하는 삼성분계 등 광물질 재료를 시멘트에 1~3가지를 일정한 비율로 혼합하는 방법이 일반적이다.
- <9> 이러한 방법은 시멘트의 수화에 의해 생기는 수산화칼슘[Ca(OH)<sub>2</sub>]과 광물질 혼화제가 서서히 반응하여 불용성화합물을 만드는 포졸란 반응에 기초한 것으로 이러한 재료를 사용한 콘크리트는 워커빌리티 증가, 블리딩 감소, 장기강도 발현 우수, 수화열 감소 등의 장점을 갖는 것은 일반적으로 알려져 있는 내용이다.
- <10> 더 나아가 고로슬래그 미분말이나 플라이애쉬, 석회석미분말 등의 입자를 더 작게 분쇄시켜 이들의 분말도를 높여 포졸란 반응성을 증가시키려는 방법도 많이 사용하고 있다.
- <11> 그러나 초고강도 콘크리트의 결합재를 시멘트만 사용할 경우 재령 28일에서 압축강도가 거의 발현되는 것에 비해 시멘트와 광물질 혼화재료를 함께 사용하게 되면 재령 28일 이후인 장기재령으로 갈수록 강도가 증진되며 약 90일 이후에나 계획한 압축강도가 발현되는 것으로 알려지고 있다.
- <12> 그러므로 사용 혼화재의 종류에 따라서 강도발현 시기는 차이가 나게 되며 2가지 이상의 광물질 혼화재를 함께 사용할 경우 사용한 광물질 혼화재의 특성에 따라 강도발현에 관한 문제는 더욱 심각해질 수 있다.
- <13> 또한, 광물질 혼화재를 사용한 경우, 강도가 증진되는 현상을 장기재령에 대한 포졸란 반응에 기초하기 때문에 콘크리트 양생에 더욱 신경을 써야 하므로 건설현장에서는 압축강도 이력관리가 상당히 어려워진다는 문제점이 발생한다.
- <14> 한편, 초고강도 콘크리트 제조방법은 콘크리트 1m<sup>3</sup>을 만드는데 필요한 단위수량을 약 140~160kg/m<sup>3</sup>로 정하고 물-결합재비를 약 15~30중량%가 되도록 단위시멘트량을 조절하고, 잔골재율을 30~50중량%로 하여 5mm이하의 강모래 또는 부순 모래를 잔골재로 사용하고 5~25mm의 강자갈 또는 쇄석골재를 굵은 골재로 구성하여 일정한 유동성(통상 슬럼프 플로우 600mm내외)을 확보하기 위해 폴리칼본산계 고성능 감수제를 적정비율로 혼합하여 제조하는 것이 일반적이라 할 수 있다.
- <15> 그러나, 이 같은 콘크리트 제조방법은 배합에서 물-결합재비가 매우 낮기 때문에 고성능 감수제의 사용량이 크게 증가할 수밖에 없으며 고성능 감수제를 다량으로 사용하게 되면 콘크리트 내부의 공기량이 증가하게 된다는 문제점이 있다.
- <16> 물론, 콘크리트의 내구성을 향상시키기 위해, 구체적으로는 동결융해에 대한 저항성을 갖기 위해 1m<sup>3</sup>의 콘크리트 내부에 4.5중량% 이상의 공기량을 연행하도록 콘크리트 배합설계를 권장하고 있다.
- <17> 하지만 너무 많은 공기량이 발생하게 되면 콘크리트 내부에 연행되었던 기포가 콘크리트가 경화된 후에는 공극으로 남게 되고 이는 강도를 저하시키는 취약부위로 작용하게 되는데 특히, 초고성능 콘크리트에 주로 사용되는 고성능감수제인 폴리칼본산계는 콘크리트 제조 시 공기를 많이 발생시키므로 이에 대한 문제점이 현실적으로 남아있다.
- <18> 그리고, 콘크리트의 파괴는 시멘트 페이스트(또는 모르타르)파괴, 골재 파괴, 시멘트 페이스트와 골재의 계면파괴로 구분되는데 초고강도 콘크리트의 경우는 시멘트 페이스트 파괴에 의해 강도가 좌우될 가능성이

높다.

- <19> 여기서 골재과피는 강건한 골재를 사용함으로써 방지할 수 있을 것이고, 시멘트 페이스트와 골재의 계면과피는 계면사이를 충전시킬 수 있는 충전재를 사용함으로써 방지할 수 있다.
- <20> 그런데, 기존의 방법들은 모두가 시멘트 페이스트 자체의 강도만 증진시키는 방법들이어서 상기와 같은 문제점을 해결하는 데는 한계가 있었으며, 또한 두 가지 이상의 혼화재를 사용하는 등 분체의 사용이 많아져 비경제적이라는 문제점도 있었다.

**발명의 내용**

**해결 하고자하는 과제**

- <21> 이에 본 발명의 발명자들은 상기 문제점을 해결하기 위해 연구와 실험을 거듭한 결과, 포졸란 반응이 콘크리트의 압축강도 증진에 상당한 기여를 하는 것으로 알려져 있으나 시멘트 사용에 따른 수화반응 시 생성되는 수산화칼슘[Ca(OH)<sub>2</sub>]의 양은 한정적인데 반하여 포졸란 반응에 필요한 수산화칼슘[Ca(OH)<sub>2</sub>]의 양은 더욱 많이 필요하여 반응을 하지 못하는 잉여부분이 발생하게 되며,
- <22> 이 잉여부분은 미세한 결합재들의 입자사이에서 필러역할을 하여 압축강도 증진에 도움을 주는 것으로 볼 수 있다는 점을 확인하였고, 또한, 광물질 혼화재를 작게 분쇄시켜 분말도를 높여 사용하게 되면 더욱 강도가 증진되는 것은 포졸란 반응성을 높이기 위한 점도 있으나 상기 기술한 필러역할을 더욱 증대시킨 것으로 재 해석 할 수 있다는 점을 확인하였고,
- <23> 또한, 초고강도 콘크리트 제조 시 필연적으로 사용되는 폴리칼본산계 고성능 감수제에 의해 발생하는 다량의 기포를 제거하게 되면 강도가 더욱 증진된 초고강도 콘크리트를 제조할 수 있다는 것을 알고, 본 발명을 제안하게 된 것으로,
- <24> 본 발명은 시멘트 페이스트의 강도를 최소한의 실리카흙을 사용하여 강도 및 유동성을 증진시키고 시멘트 페이스트와 골재의 계면과피는 계면사이를 적정량의 충전재를 사용하여 충전시킴으로써 보다 경제적으로 콘크리트의 강도를 더욱 증진시키고자 하였으며,
- <25> 또한 초고강도 콘크리트 결합재를 적정비율의 시멘트, 실리카흙, 충전재로 구성하여 포졸란 반응과 필러효과가 조화를 이루게 하는 것으로 초고강도를 실현하도록 하고,
- <26> 초고강도 콘크리트 제조 시 공기량 조절제(소포제)를 사용하여 콘크리트 내부에 발생된 기포를 제거하여 강도를 더욱 증진시키는 초고강도 콘크리트의 결합재 및 이를 이용한 콘크리트 제조방법을 제공하는데, 그 목적이 있다.

**과제 해결수단**

- <27> 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은 초고강도 콘크리트용 결합재에 관한 것으로, 초고강도 콘크리트 배합설계의 단위 시멘트량을 구성하는 결합재의 조성이 시멘트 50~90중량%, 실리카흙 5~20중량%, 충전재(실리카 플로우) 5~30중량%로 구성되는 것을 특징으로 한다.
- <28> 또한, 본 발명은 결합재를 이용하여 초고강도 콘크리트를 제조하는 방법에 관한 것으로, 결합재, 배합수, 잔골재, 굵은 골재를 포함하여 구성되는 초고강도 콘크리트를 제조하는 방법에 있어서, 1m<sup>3</sup>을 구성하는 콘크리트에 대하여 단위수량을 140~160kg/m<sup>3</sup>으로 물을 준비하는 단계; 본 발명에서 제시한 결합재를 이용하여, 물-결합재비(W/B)가 10~30중량%가 되도록 배합하고, 사용된 결합재의 함량대비 1~5중량%의 폴리칼본산계 고성능 감수제를 배합하여 배합수를 준비하는 단계; 상기 잔골재와 굵은골재를 잔골재율이 40~70중량%가 되도록 골재를 준비하는 단계; 상기 준비물들을 혼합하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- <29> 이하, 본 발명을 보다 상세히 설명한다.
- <30> 본 발명에서의 초고강도 콘크리트 결합재의 구성은 포졸란 효과 및 필러효과에 근거한 구성으로서 이론적으로 살펴보면 다음과 같다.
- <31> 즉, 콘크리트가 시멘트, 물, 잔골재, 굵은골재로 이루어진 것으로 볼 때, 이들은 각각의 일정한 크기를 갖는 입자들로 구성되어 있고 이들이 뭉치면 시멘트와 시멘트 사이, 시멘트와 골재사이에는 공극이 형성되어

지게 되며 공극의 크기는 다양하게 형성되어 진다.

- <32> 여기에 광물질 혼화제 가운데 가장 미립자로 구성된 실리카흙을 사용하여 포졸란 반응에 의해 생성된 물질과 실리카 흙의 필러역할로 시멘트와 시멘트 입자사이의 공극을 매우도록 하고 시멘트와 잔골재 입자사이의 공극에 충전제로 필러역할을 하게 하면 콘크리트는 더욱 밀실한 구조가 되고 강도가 크게 향상되게 된다.
- <33> 또한 충전제는 화학적으로 안정된 결정질이기에 콘크리트 내에서 2차 반응을 하지 않으며 실리카흙의 반응성에 대한 영향만을 고려하면 되기 때문에 건설현장에서 문제되고 있는 강도이력에 대한 관리가 훨씬 수월해 지게 된다. 또한 실리카흙의 경우 건설현장에서 수십년간 사용하고 있으며 그 효과에 대해 검증된 재료이므로 그 특성을 파악하는 것은 그리 어렵지 않다.
- <34> 이 같은 이론에 근거한 본 발명의 초고강도 콘크리트용 결합제는 시멘트 50~90중량%, 실리카흙 5~20중량%, 충전제 5~30중량%로 구성되는 것을 특징으로 한다.
- <35> 상기 충전제의 함량이 5중량%미만이면 슬럼프플로우가 저하되어 유동성이 확보되지 못하는 단점이 있으며, 충전제의 함량이 30중량%를 초과하면 유동성이 오히려 감소하는 단점이 있다.
- <36> 상기 실리카흙의 함량이 5중량%미만이면 유동성이 저하되는 단점이 있으며, 20중량%를 초과하면 슬럼프 플로우 및 압축강도가 저하되는 단점이 있다.
- <37> 상기 시멘트, 실리카흙, 충전제의 비율에 있어서 콘크리트의 유동성 및 압축강도를 고려하면 각각 68~72중량%, 8~12중량%, 18~22중량%로 구성되는 것이 보다 바람직하며, 70중량%, 10중량%, 20중량%로 구성되는 것이 가장 바람직하다.
- <38> 상기 충전제는 실리카플로우로서 SiO<sub>2</sub> 성분이 90% 이상인 규사를 분말로 만든 것이며, 분말의 평균입경은 25 $\mu$ m이하인 것이 바람직하다.
- <39> 상술한 바와 같은 결합제를 사용하여 콘크리트를 제조하는 방법은, 초고강도 콘크리트를 제조하는 방법에 있어서, 1m<sup>3</sup>을 구성하는 콘크리트에 대하여 단위수량을 140~160kg/m<sup>3</sup>으로 물을 준비하는 단계; 본 발명에서 제시한 결합제를 이용하여, 물-결합제비(W/B)가 10~30중량%가 되도록 배합하고, 사용된 결합제의 함량대비 1~5중량%의 폴리칼본산계 고성능 감수제를 배합하여 배합수를 준비하는 단계; 상기 잔골재와 굵은골재를 잔골재율이 40~70중량%가 되도록 골재를 준비하는 단계; 상기 준비물들을 혼합하는 단계; 포함하는 것을 특징으로 한다. 여기서, 각 단계는 설명의 편의상 부여한 것으로 순서를 결정하는 것은 아니고, 배합비율이 적절하다면 일반적인 여러 콘크리트 배합순서에 의해 배합을 행할 수 있다.
- <40> 상기 물은 1m<sup>3</sup>을 구성하는 콘크리트에 대하여 단위수량을 140~160kg/m<sup>3</sup>으로 준비하는데, 이는 사용되는 결합제 및 골재의 양 및 상태에 따라 적절한 수량을 준비하는 것이다.
- <41> 상기 잔골재와 굵은골재는 잔골재율이 40~70중량%가 되도록 적용한다. 일반적으로 콘크리트 배합에서 잔골재율은 40~50중량%의 배합을 선택하여 사용하며, 잔골재율은 소요의 워커빌리티를 얻을 수 있는 범위 내에서 단위수량이 최소가 되도록 정하게 되어있다.
- <42> 일반 콘크리트에서는 잔골재율이 증가하면 건조수축이 증가하는 문제점이 있으나 역으로 생각하면 초고강도 콘크리트와 같이 물-결합제비가 매우 낮은 콘크리트는 단위수량이 적기 때문에 오히려 콘크리트의 유동성이 증가하고 증점제와 같은 화학적 혼화제를 사용하지 않고도 점성이 증가시킬 수 있는 장점이 될 수 있다.
- <43> 콘크리트의 취성과파괴를 막기 위해 강섬유를 혼입한 섬유보강콘크리트가 있는데 강섬유를 많이 혼입할수록 콘크리트의 인성을 보다 많이 확보할 수 있으나 콘크리트에는 굵은 골재를 사용하므로 강섬유를 많이 혼입하지 못하는 단점이 있다. 그러나, 본 발명에서는 잔골재율을 기존에 비해 증가시킬 수 있으며, 이로 인해 잔골재율을 증가시켜 본 발명에서 제시한 콘크리트에 강섬유를 다량으로 넣어 초고강도 강섬유 보강 콘크리트도 제조할 수 있는 장점이 있다.
- <44> 또한 잔골재율을 증가시켜 굵은골재의 양을 줄이므로써 압축강도가 증진되는 효과를 얻을 수 있다.
- <45> 상기 잔골재는 바람직한 크기는 5mm 이하, 상기 굵은 골재는 바람직한 크기는 20mm의 크기로 사용할 수 있는데, 여기에 한정되지 않으며 그 크기가 작은 것을 선택하여 사용할수록 압축강도를 더욱 증가시킬 수 있다.
- <46> 상기 물-결합제비(W/B)는 10~30중량%가 되도록 배합하는데, W/B가 10중량%미만이면 유동성 확보가 어렵고, 30중량%를 초과하면 강도에 문제가 발생한다.

- <47> 상기 폴리칼본산계 고성능 감수제는 일반적으로 알려져 있는 것을 사용할 수 있으며, 사용된 결합제의 함량대비 1~5중량%를 사용하는 것이 바람직하다.
- <48> 이때 결합제 함량대비 1중량%미만이면 그 첨가효과가 미미하고, 5중량%를 초과하면 초고강도 콘크리트의 응결 및 수화가 지연되고 수축 및 강도 저하 등의 문제가 있다.
- <49> 상술한 바와 같은 결합제를 이용하여 콘크리트 제조하는 경우, 폴리칼본산계 고성능 감수제에 의해 콘크리트 내부에 기포가 과다하게 발생될 수 있는데, 공기량조절제(소포제)를 통하여 기포를 현저하게 감소시켜 콘크리트 내부구조를 밀실하게 하여 강도를 더욱 증진시킬 수 있다.
- <50> 여기서 공기량조절제는 고성능감수제의 사용량에 대해 일정한 비율로 첨가하여 사용하게 하여 사용자의 요구사항에 맞게 공기량을 조절할 수 있다.
- <51> 즉, 얻어지는 콘크리트의 바라는 물성을 얻기 위해, 상기 배합수에 상기 고성능감수제의 함량대비 1.5중량%이하의 소포제를 첨가할 수도 있다.
- <52> 상기 소포제를 첨가하지 않고서도 원하는 물성이 얻어지는 경우에는 사용하지 않아도 좋으며, 필요에 따라 첨가하는 것이 바람직하다.
- <53> 이때 사용가능한 소포제로는 분말 또는 액상을 사용할 수 있으며, 예를 들면 실리카계, 알코올계, 실리카계, 글리콜계 등이 있으며 콘크리트의 상태에 따라 적당한 것을 선택하여 사용할 수 있다.
- <54> 이상에서 설명한 본 발명의 결합제를 콘크리트에 적용하였을 때의 기본 개념 및 이러한 결합제를 사용하여 콘크리트를 제조하는 할 때 발생하는 기포를 저감시키는 기본 개념에 대하여 도 1 및 도 2를 통하여 설명하면 다음과 같다.
- <55> 도 1은 본 발명에서 제시한 초고강도 콘크리트용 결합제에 의한 콘크리트 구성에 관한 기본 개념도를 일반 콘크리트 구성과 비교하여 나타낸 것이다.
- <56> 도 1에 나타난 바와 같이, 기존의 콘크리트는 시멘트, 잔골재, 굵은 골재로 이루어진 것으로 볼 때, 이들은 각각의 일정한 크기를 갖는 입자들로 구성되어 있고 이들이 뭉쳐지면 시멘트와 시멘트 사이, 시멘트와 골재사이에는 공극이 형성되어지게 되며 공극의 크기는 다양하게 형성되어 진다.
- <57> 이에 반하여, 본 발명의 결합제를 사용한 경우는 광물질 혼화제 가운데 가장 미립자로 구성된 실리카흄을 사용하여 포졸란 반응에 의해 생성된 물질과 실리카흄의 필러역할로 시멘트와 시멘트 입자사이의 공극을 매우도록 하고, 시멘트와 골재사이의 공극사이에는 충전재로 필러역할을 하게 하면 콘크리트는 더욱 밀실한 구조가 되고 강도가 크게 향상되게 된다.
- <58> 도 2는 본 발명에서 제시한 초고강도 콘크리트의 제조방법에 관한 기본 개념도를 나타낸 것이다.
- <59> 도 2는 초고강도 콘크리트 결합제 구성방법을 이용하여 초고강도 콘크리트 제조 시 폴리칼본산계 고성능 감수제에 의해 콘크리트 내부에 과다하게 발생된 공기량에 대해 공기량 조절제를 통하여 기포를 소멸시켜 콘크리트 내부구조를 밀실하게 하여 초고강도 콘크리트를 실현하는 모습이다. 공기량 조절제의 사용량은 고성능감수제 사용량에 대해 일정한 비율로 첨가하여 사용한다.

**효 과**

- <60> 상술한 바와 같이, 본 발명의 초고강도 콘크리트의 결합제 및 이를 이용한 제조방법에 따르면, 종래 여러 종류의 광물질 혼화제를 시멘트와 혼합하여 사용한 초고강도 콘크리트 결합제에 비해 비교적 간단한 배합설계 및 제조방법으로 정리될 수 있고 고유동성 및 초고강도를 효과적으로 얻을 수 있었다.
- <61> 특히 여러 종류의 광물질 혼화제를 사용함으로써 각 재료의 특성을 파악해야하는 문제, 양생문제, 장기재령에 대한 강도이력 관리 등에 대한 어려움을 해결하는데 효과가 있었다.

**발명의 실시를 위한 구체적인 내용**

- <62> 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 들어 초고강도 콘크리트용 결합제 및 이를 이용한 콘크리트 제조방법을 보다 상세하게 설명한다. 이하 실시예는 본 발명을 예시하기 위한 것이며, 본 발명을 이에 한정하려는 것은 아니다.

- <63> <실시에 1>
- <64> 본 실시예에서는 초고성능 콘크리트용 결합재의 구성을 검토하기 위해 하기 표1과 같은 배합설계를 하였다. 즉, 물-결합재비(W/B) 15중량%, 단위배합수량(W) 150kg/m<sup>3</sup>, 단위시멘트량(B) 1000kg/m<sup>3</sup>, 고성능 감수제(SP)는 결합재(B)량의 3%에 해당하는 30kg/m<sup>3</sup>으로 하였다. 여기서 결합재란 시멘트(C), 실리카흙(SF), 충전재(F)를 모두 합한 것을 말한다.
- <65> 배합설계는 3가지 시리즈로 나누었는데 먼저, 시리즈 1은 충전재를 사용에 대한 초고강도 콘크리트의 특성을 알아보기 위한 실험으로 1m<sup>3</sup>을 구성하는 콘크리트에 대하여 단위 시멘트량을 1000kg/m<sup>3</sup>으로 하고, 이 중에서 실리카흙의 사용량을 150kg/m<sup>3</sup>으로 고정된 뒤 나머지 850kg/m<sup>3</sup>에 해당하는 부분에 대해 시멘트와 충전재로 채우고 이들의 사용량을 변화시켰다.
- <66> 충전재를 사용하지 않은 배합을 F 0로 하고 단위시멘트량의 각각 10, 20, 30%에 해당하는 충전재 사용량에 대한 배합을 F10, F20, F30으로 정하였다.
- <67> 시리즈 2는 최적의 실리카흙 사용량을 구하기 위한 실험으로 1m<sup>3</sup>을 구성하는 콘크리트에 대하여 단위시멘트량을 1000kg/m<sup>3</sup>으로 하고, 이 중에서 충전재의 사용량을 200kg/m<sup>3</sup>으로 고정된 뒤 나머지 800kg/m<sup>3</sup>에 해당하는 부분에 대해 시멘트와 실리카흙으로 채우고 각각의 사용량을 변화시켰다.
- <68> 단위시멘트량의 각각 10, 15, 20%에 해당하는 실리카흙 사용량에 대한 배합을 SF10, SF15, SF30으로 정하였다.
- <69> 시리즈 3은 굵은골재의 최대입경을 변화시킨 배합으로 굵은골재 최대치수 20mm를 사용한 경우는 G20, 굵은골재 최대치수 13mm를 사용한 경우는 G13으로 하여 초고강도 콘크리트의 강도발현을 파악하고자 하였다.

표 1

항목	굵은골재 최대치수 (mm)	물 - 결합재비 (W/B) (%)	잔골재율 (S/a) (%)	단위량(kg/m <sup>3</sup> )							비고	
				배합수 (W)	결합재 (B=C+SF+F)			잔골재 (S)	굵은골재 (G)	고성능 감수제 (SP)		공기량 조절제
					시멘트 (C)	실리카흙 (SF)	충전재 (F)					
시리즈 1	F 0	20	15	45	150	850	150	0	572	712	30	SP×0.75%
	F10	20	15	45	150	750	150	100	564	703	30	SP×0.75%
	F20	20	15	45	150	650	150	200	556	693	30	SP×0.75%
	F30	20	15	45	150	550	150	300	549	684	30	SP×0.75%
시리즈 2	SF10	20	15	45	150	700	100	200	566	705	30	SP×0.75%
	SF15	20	15	45	150	650	150	200	556	693	30	SP×0.75%
	SF20	20	15	45	150	600	200	200	547	682	30	SP×0.75%
시리즈 3	G20	20	15	45	150	700	100	200	566	705	30	SP×0.75%
	G13	13	15	50	150	700	100	200	629	641	30	SP×0.75%

- <71> 상기 표1과 같은 비율로 시멘트, 실리카흙, 충전재, 굵은골재, 잔골재를 믹서에 투입하여 40rpm의 속도로 10분 동안 건비빔을 한 다음, 배합수, 고성능 감수제, 공기량 조절제를 투입하여 다시 50rpm의 속도로 3분 30초 동안 혼합하고 다시 25rpm의 속도로 1분 30초 동안 혼합하여 콘크리트내의 생성된 기포를 보다 더욱 제거하여 초고강도 콘크리트를 제조한 다음 슬럼프플로우, 압축강도를 측정하여 도 3 내지 도 7에 나타내었다.
- <72> 이때, 슬럼프플로우는 KS F 2594, 압축강도는 20℃에서 수중양생을 실시하고 실험체를 제작한 후 7일, 28일에 해당하는 재령과 초기에 콘크리트의 양생을 촉진시켜 압축강도 발현상태를 알아보기 위해 90℃에서 3일간 고온수중양생을 시킨 것에 대해 KS F 2405에 준하여 측정하였다.
- <73> 먼저, 도 3은 시리즈 1에 대한 슬럼프플로우 측정결과이다. 충전재를 사용하게 되면 사용하지 않은 F 0에 비해서 슬럼프플로우가 증가하여 유동성이 향상되었으며 F20의 경우 슬럼프플로우가 630mm로 가장 많이 나

타나 충전재의 적절한 사용은 초고강도 콘크리트의 유동성을 크게 향상시키는 것으로 나타났다.

- <74> 도 4는 시리즈 1에 대한 압축강도 측정결과이다. 충전재를 사용한 경우가 충전재를 사용하지 않은 경우에 비해 압축강도가 증가하였고, 도 4에서 유동성이 가장 컸던 배합인 F20의 경우 압축강도가 크게 증가하는 것으로 나타났다.
- <75> 이것은 시멘트, 실리카흙, 충전재로 구성된 결합재의 비율이 적절하게 조화를 이루어 유동성이 증진되고 포졸란 반응과 필러효과가 잘 나타나 압축강도가 높게 나타난 결과이며, 따라서 충전재는 단위 시멘트량 1000kg/m<sup>3</sup>에 대해 약 20중량%인 200kg/m<sup>3</sup>이 적당한 사용율로 판단된다.
- <76> 도 5는 시리즈 2에 대한 슬럼프플로우 측정결과이다. 실리카흙의 사용량을 변화시킨 결과 SF10에서 슬럼프플로우가 650mm로 가장 많이 나타났다.
- <77> 도 6은 실리카흙의 적정사용량을 구하기 위한 시리즈 2에 대한 압축강도 측정결과이다.
- <78> 도 5에서 유동성이 가장 컸던 배합인 SF10의 경우 압축강도가 크게 증가하는 것으로 나타났다.
- <79> 이것은 시멘트, 실리카흙, 충전재로 구성된 결합재의 비율이 적절하게 조화를 이루어 유동성이 증진되고 포졸란 반응과 필러효과가 잘 나타나 압축강도가 높게 나타난 결과이며, 따라서 실리카흙은 단위시멘트량 1000kg/m<sup>3</sup>에 대해 약 10중량%인 100kg/m<sup>3</sup>이 적당한 사용율로 판단된다.
- <80> 이를 종합한 결과 초고강도 콘크리트의 결합재 구성비율을 시멘트:충전재:실리카흙=7:2:1의 비율이 유동성과 압축강도가 가장 크게 나타내는 구성비율로 나타났다.
- <81> 도 7은 시리즈 3에 대한 압축강도 측정결과이다. 굵은 골재 최대치수를 13mm로 사용한 G13의 경우 굵은 골재 최대치수 20mm를 사용한 G20에 비해 압축강도가 상당히 증가한 것으로 나타났다.

<82> <실시에 2>

<83> 하기 표2는 본 발명에 의한 초고강도 콘크리트 제조방법에서 공기량 조절제의 효과와 충전재의 입경변화에 대한 압축강도를 측정하기 위한 배합 구성표이다. 배합구성은 1m<sup>3</sup>을 구성하는 콘크리트에 대하여 잔골재율(S/a) 45중량%, 물-결합재비(W/B) 15중량%, 단위배합수량 150kg/m<sup>3</sup>, 단위시멘트량 1000kg/m<sup>3</sup>(이중에서 시멘트는 650kg/m<sup>3</sup>, 실리카흙 150kg/m<sup>3</sup>, 충전재는 200kg/m<sup>3</sup>)하고 굵은골재 556kg/m<sup>3</sup>, 잔골재693kg/m<sup>3</sup>, 결합재량의 3%에 해당하는 30kg/m<sup>3</sup>으로 하였으며 굵은골재 최대치수는 20mm를 기본배합으로 구성하였다.

**표 2**

굵은골재 최대치수 (mm)	물 - 결합재비 (W/B) (%)	잔골재율 (S/a) (%)	단위량(kg/m <sup>3</sup> )						
			배합수 (W)	결합재 (B=C+SF+F)			잔골재 (S)	굵은골재 (G)	고성능감수제 (SP)
				시멘트 (C)	실리카흙 (SF)	충전재 (F)			
20	15	45	150	650	150	200	556	693	30

- <84> 공기량 조절제의 효과를 파악하기 위해 상기 기본배합에서 공기량 조절제를 고성능 감수제(SP)에 각각 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1중량%로 첨가하여 각각의 공기량과 압축강도를 측정하였으며, 공기량은 KS F 2421에 준하여, 압축강도는 90℃에서 3일간 고온수중양생을 시킨 것에 대해 KS F 2405에 준하여 측정하였으며, 그 결과는 각각 도 8에 나타내었다.
- <85> 충전재의 입경변화에 대한 압축강도의 변화를 파악하기 위해 이 기본배합에서 충전재 사용 시 충전재의 평균입경을 25, 14, 8, 4, 2 $\mu$ m로 변화시켜 압축강도를 측정하였으며 압축강도는 90℃에서 3일간 고온수중양생을 시킨 것에 대해 KS F 2405에 준하여 측정하였으며, 그 결과는 도 9에 나타내었다.
- <86> 도 8에서 공기량 조절제의 첨가량이 증가 할수록 공기량은 낮아지고 압축강도는 증가하는 것을 알 수 있으며 공기량 조절제가 적절히 첨가되면 콘크리트 내의 기포를 소멸시켜 초고강도 콘크리트의 조직을 더욱 치밀하게 하여 강도가 증진되는 것이 확인되었으며 그 적정사용량은 고성능감수제 사용량의 0.75~1중량% 범위가 가장 적절한 것으로 판단된다.
- <87> 도 9에서 충전재의 입경을 변화시켜 압축강도를 측정한 결과 평균입경이 작을수록 압축강도가 증가하는 것을 알

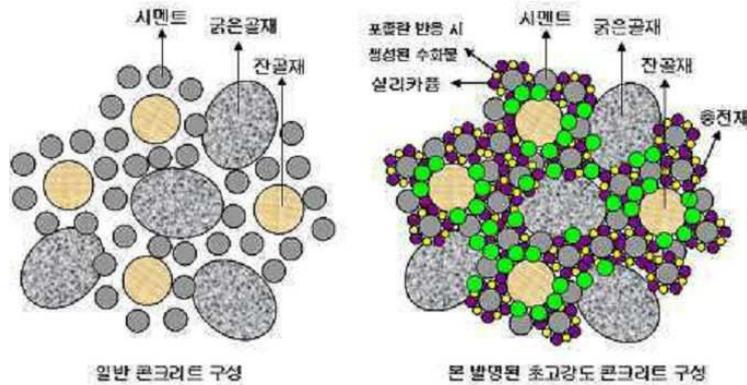
수 있었다. 이것은 입경이 작을수록 시멘트입자와 골재사이의 공극을 더욱 밀실하게 채우는 필러효과가 더욱 커지는 것을 확인할 수 있었으며 평균입경 30 $\mu$ m이하의 충전제는 초고강도 콘크리트에서 적절히 사용하면 압축강도와 유동성을 향상시키는 것을 확인할 수 있었다.

**도면의 간단한 설명**

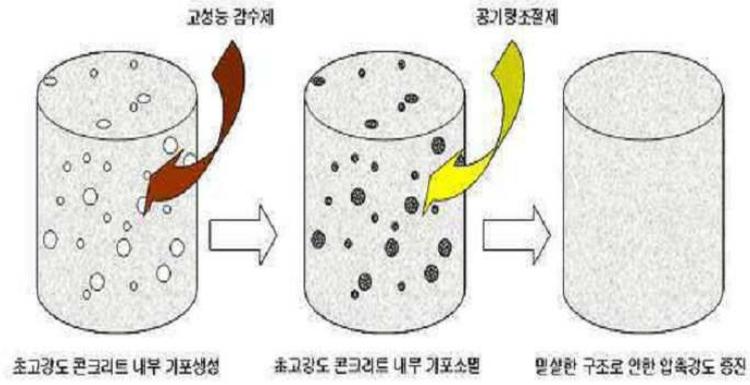
- <89> 도 1은 본 발명에서 제시한 초고강도 콘크리트용 결합재에 의한 콘크리트 구성과 일반 콘크리트 구성을 비교한 기본 개념도이다.
- <90> 도 2는 본 발명에서 제시한 초고강도 콘크리트의 제조방법에 관한 기본 개념도이다.
- <91> 도 3은 시리즈 1에 대한 슬럼프플로우 측정결과 그래프이다.
- <92> 도 4는 시리즈 1에 대한 압축강도 측정결과 그래프이다.
- <93> 도 5는 시리즈 2에 대한 슬럼프플로우 측정결과 그래프이다.
- <94> 도 6은 시리즈 2에 대한 압축강도 측정결과 그래프이다.
- <95> 도 7은 시리즈 3에 대한 압축강도 측정결과 그래프이다.
- <96> 도 8은 공기량 조절제를 변화시켰을 때의 공기량과 압축강도를 측정한 결과 그래프이다.
- <97> 도 9는 충전제의 입경변화에 대한 압축강도의 변화를 보인 그래프이다.

**도면**

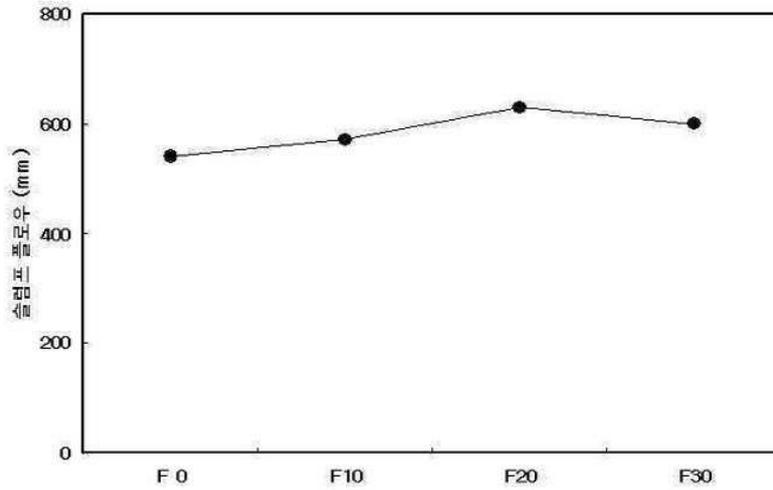
**도면1**



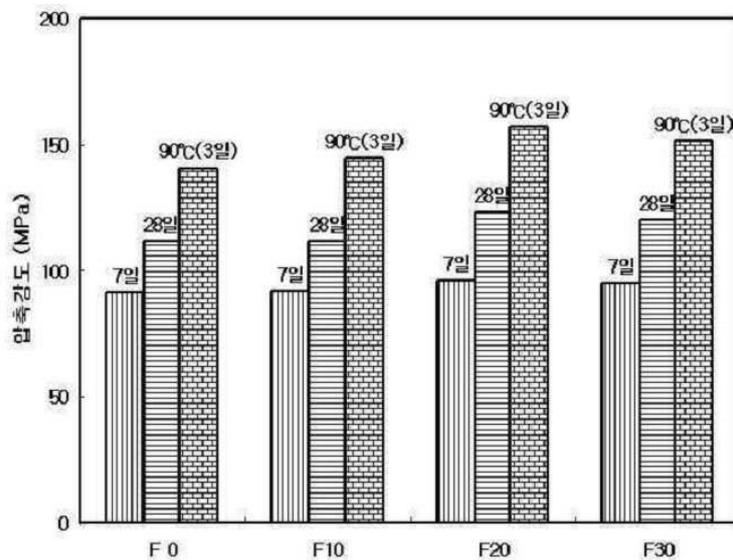
도면2



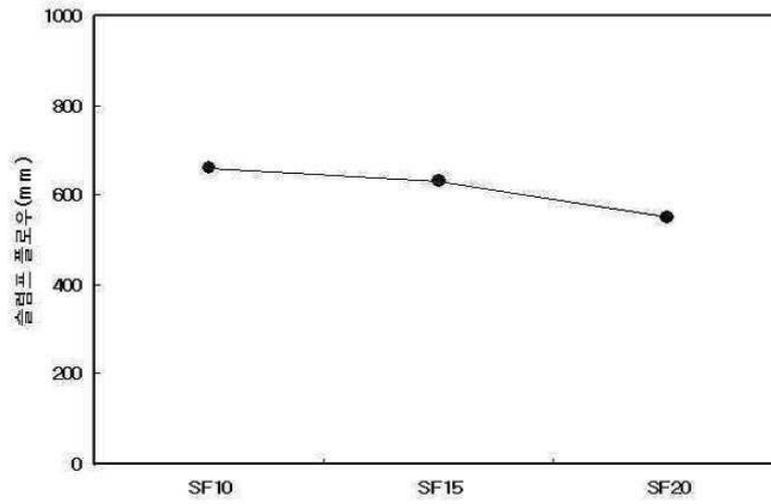
도면3



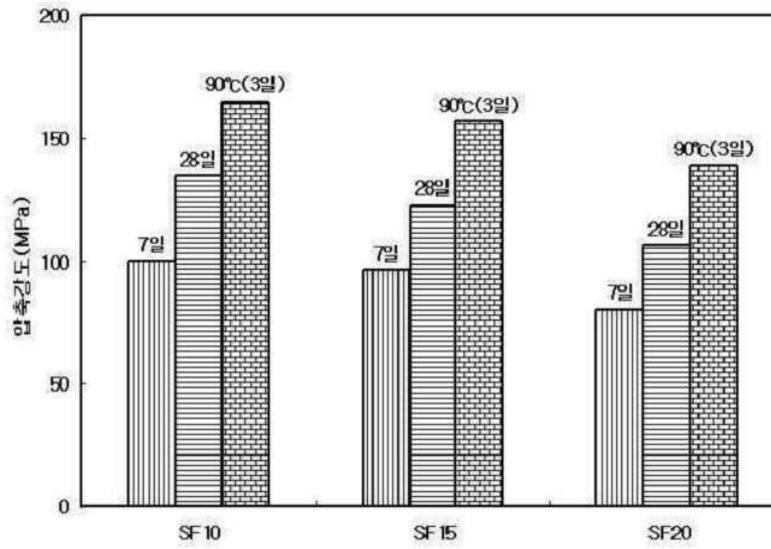
도면4



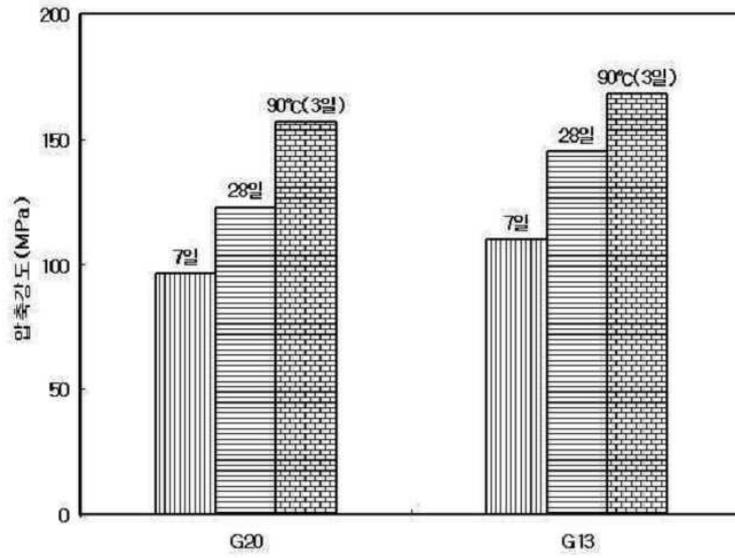
도면5



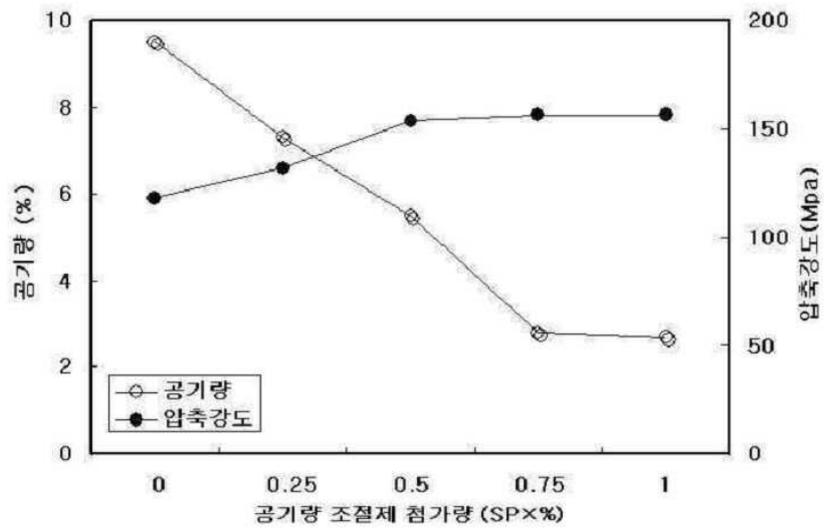
도면6



도면7



도면8



도면9

