(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0080584
(43) 공개일자 2011년07월13일

(51) Int. Cl.
C04B 16/06 (2006.01) *C04B 18/14* (2006.01)
C04B 28/16 (2006.01) *C04B 14/14* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0000893
(22) 출원일자 2010년01월06일
심사청구일자 2010년01월06일

(71) 출원인
주식회사 포스코건설
경북 포항시 남구 괴동동 568-1
쌍용양회공업(주)
서울 중구 저동2가 24-1
(뒷면에 계속)
(72) 발명자
이용산
경기도 용인시 수지구 성복동 90 성동마을 LG2차 201동 1603호
윤경호
서울특별시 중랑구 신내동 동성아파트 14동 2207호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
조성광

전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 폴리아미드 섬유를 포함하는 초고강도 내화 콘크리트

(57) 요 약

본 발명은 폴리아미드 섬유를 포함하는 초고강도 내화 콘크리트에 관한 것으로서, 분산제가 코팅된 폴리아미드 섬유가 콘크리트 내에 분산, 정착하면서 콘크리트의 균열을 저감시키고, 설계 강도를 유지하면서 워커빌리티를 개선하며, 내화성을 높이는 콘크리트에 관한 것이다.

본 발명은 콘크리트 단위체적 1㎥ 당 시멘트 600~700kg, 물 130~180kg, 혼화재 260~420kg, 잔골재 900~1100kg, 굵은골재 350~500kg 및 폴리아미드 섬유 2.0~3.5kg 혼합되며 설계강도 150~200MPa인 초고강도 내화 콘크리트로서, 상기 혼화재는 실리카 흄 90~140kg/㎥, 슬래그 미분말 140~200kg/㎥, 무수석고 30~80kg/㎥로 구성되고, 상기 폴리아미드 섬유의 겉면은 다가(2가 이상) 알콜 에스테르 윤활제 40~50중량%, 비이온계 계면활성제 30~40중량% 및 대전 방지제 10~30중량%를 포함하는 분산제로 코팅되어, 상기 분산제에 의하여 상기 폴리아미드 섬유가 콘크리트 내에서 균일하게 분산됨으로써 굳지 않은 콘크리트의 워커빌리티를 증가시키면서 경화 후 균열을 저감시키는 폴리아미드 섬유를 포함하는 초고강도 내화 콘크리트를 제공한다.

대 표 도 - 도4b



(71) 출원인

충남대학교산학협력단

대전 유성구 궁동 220 충남대학교

쌍용레미콘 주식회사

서울 중구 저동2가 24-1

코오롱건설주식회사

경기도 과천시 별양동 1-23

(72) 발명자

이찬우

경기도 남양주시 와부읍 도곡리 쌍용스윗닷홈리버아파트 106동 2002호

정영화

경기도 용인시 기흥구 청덕동 488 휴먼시아 물푸레마을 307동 1304호

김필성

경기도 성남시 중원구 은행2동 1928-1 B01호

서순호

경기도 구리시 수택동 482-2 성원아파트 101동 1410호

성용환

서울특별시 서초구 반포동 2-1

김상용

서울특별시 성북구 길음동 1278 동부센트래빌 103동 2003호

김규용

충청남도 공주시 신관동 285-2 주공아파트 204동 302호

김영선

대전광역시 서구 복수동 계룡아파트 2동 1006호

이태규

충청남도 청양군 운곡면 영양리 2구 897

전중규

서울특별시 동대문구 이문2동 래미안이문2차아파트 101동 1302호

김우재

경기도 용인시 기흥구 중동 870 신영지월아파트 3006동 301호

이종인

경기도 성남시 분당구 정자동 파크뷰 603동 501호

김현배

서울특별시 강남구 일원동 현대아파트 31동 502호

박규연

서울특별시 강남구 청담동 13-44 101호

특허청구의 범위

청구항 1

콘크리트 단위체적 1㎥ 당 시멘트 600~700kg, 물 130~180kg, 혼화재 260~420kg, 잔골재 900~1100kg, 굵은골재 350~500kg 및 폴리아미드 섬유 2.0~3.5kg 혼합되며 설계강도 150~200MPa인 초고강도 내화 콘크리트로서,

상기 혼화재는 실리카 흄 90~140kg/㎥, 슬래그 미분말 140~200kg/㎥, 무수석고 30~80kg/㎥로 구성되고,

상기 폴리아미드 섬유의 겉면은 다가(2가 이상) 알콜 에스테르 윤활제 40~50중량%, 비이온계 계면활성제 30~40중량% 및 대전 방지제 10~30중량%를 포함하는 분산제로 코팅되어, 상기 분산제에 의하여 상기 폴리아미드 섬유가 콘크리트 내에서 균일하게 분산됨으로써 굳지 않은 콘크리트의 워커빌리티를 증가시키면서 경화 후 균열을 저감시키는 폴리아미드 섬유를 포함하는 초고강도 내화 콘크리트.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 폴리아미드 섬유는 직경 20~25㎛의 원형 단면을 가지며, 5~20㎜에서 선택된 균일한 길이를 갖는 것을 특징으로 하는 폴리아미드를 포함하는 초고강도 내화 콘크리트.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 폴리아미드 섬유의 길이방향 양단에는 원형 단면의 외주면을 따라서 하나 이상의 돌기가 형성된 것을 특징으로 하는 폴리아미드 섬유를 포함하는 초고강도 내화 콘크리트.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 폴리아미드 섬유는 5㎜ 게이지 길이로 측정한 강도가 7.5d/g 이상이고, 5㎜의 게이지 길이로 측정한 신도가 50～120%인 것을 특징으로 하는 폴리아미드 섬유를 포함하는 초고강도 내화 콘크리트.

청구항 5

제1항에 있어서,

잔골재 또는 굵은골재는 현무암인 것을 특징으로 하는 폴리아미드 섬유를 포함하는 초고강도 내화 콘크리트.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 잔골재는 조립율 3.00~3.40, 흡수율 1.50~2.50%, 표건밀도 2.70~2.90g/㎤의 현무암계 부순 모래이고, 상기 굵은골재는 조립율 5.50~6.00, 흡수율 1.50~2.50%, 표건밀도 2.70~2.90g/㎤, 최대 치수 13㎜의 현무암계 부순 굵은골재인 것을 특징으로 하는 폴리아미드 섬유를 포함하는 초고강도 내화 콘크리트.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 폴리아미드 섬유를 포함하는 초고강도 내화 콘크리트에 관한 것으로서, 분산제가 코팅된 폴리아미드 섬유가 콘크리트 내에 분산, 정착하면서 콘크리트의 균열을 저감시키고, 설계 강도를 유지하면서 워커빌리티를 개선하며, 내화성을 높이는 콘크리트에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 콘크리트는 외부의 하중 및 진동에 의해 균열이 발생하게 되는데, 이뿐 아니라 자기수축, 건조수축 및 소성수축으로 인한 균열과 수화열에 의한 온도 균열이 발생할 수도 있다. 콘크리트에 발생한 균열은 콘크리트의 수밀성을 감소시켜 유해물질의 침투를 용이하게 함으로써, 콘크리트 구조물의 내구성 저하는 물론 구조적 성능 저하를 가속화하는 원인이 된다.

[0003] 종래에는 콘크리트에서 발생되는 균열을 저감하기 위하여 와이어매쉬 보강 콘크리트가 많이 적용되어 왔으며, 이와 같은 와이어매쉬 보강 콘크리트는 기본적으로 2차원 보강이고, 시공 시 와이어매쉬의 위치를 정확히 확보하기 어렵기 때문에 [도 1a] 및 [도 1b]에서 보듯이 콘크리트 균열저감 효과가 그다지 크지 않았다.

[0004] 또 다른 종래 기술로 콘크리트의 균열 저항성인 인성(Toughness)을 증대시키기 위하여 단상인 섬유를 콘크리트에 분산시켜 혼입한 섬유보강 콘크리트(FRC, Fiber Reinforced Concrete)가 있다. 이처럼 콘크리트 내에 분산 혼입된 섬유는 콘크리트의 인성을 증진시키는 역할을 하며, 콘크리트의 균열 시 섬유의 역학적인 거동을 [도 2]를 참조하여 살펴보면, 콘크리트 균열 시 섬유는 파괴(Failure), 인발(Pull-out), 브리징(Bridging), 콘크리트와의 부착력(Debonding) 등을 통하여 콘크리트에 균열을 일으키는 파괴에너지를 흡수함으로써 파괴인성을 높여주는 역할을 하게 된다. 또한, 균열선단에서 발생하는 콘크리트 미세균열을 넓게 분포시켜 발생시키는 역할을 함으로써 균열진행속도를 경감시키는 역할을 수행하게 된다.

[0005] 한편, 매크로 섬유와 마이크로 섬유의 역학적인 역할은 [도 3]과 같으며, 매크로 섬유는 주 균열 등과 같은 큰 균열이 발생, 진행하는 것에 대한 지연 및 억제역할을 하는([도 3]의 (a) 참조) 반면, 미세균열 또는 분포된 섬유 사이에서 발생, 진전하는 균열에 대해서는 그 기능을 발휘하지 못하게 된다. 반면에 마이크로 섬유는 미세균열에 대하여 위에 기술된 역학적인 억제기능을 충분히 발휘할 수 있다. ([도 3]의 (b) 참조)

[0006] 한편, 섬유보강 콘크리트에 사용되는 유기계 섬유 중에는 소수성으로 인하여 콘크리트 구조체가 변형될 때, 섬유가 뽑히는 현상이 발생한다. 또한, 섬유 혼입으로 인하여 굳지 않은 콘크리트의 유동성, 즉 슬럼프가 감소되고, 콘크리트 혼합물에 혼입 전부터 섬유 간에 엉킴이 발생하며, 섬유가 모르타르 내에 균일하게 분산되지 않아 섬유볼(Fiber-ball)이 형성된다. 이처럼 워커빌리티가 감소하게 되면, 콘크리트 타설 및 펌핑 작업의 효율이 떨어져 공사기간이 길어지며, 워커빌리티를 높이기 위하여 고가의 첨가제(감수제)를 주입하여야 하고, 물의 혼합비율이 높아져 고강도 발현이 어렵다.

[0007] 특히, 셀룰로오스 섬유를 펄프 상태로 콘크리트 혼합물에 투입하는 방법도 있지만, 별도의 해면 설비로 해면시킨 후 투입해야 하고, 해면 시 다량의 물을 필요로 하므로 콘크리트 혼합물의 W/B(물-결합재 비)를 맞추기 어려운 문제가 있다. 또한, 과량의 물이 투입될 경우, 콘크리트 구조물의 강도를 저하시키는 원인이 되므로, 고강도의 콘크리트를 형성하기 어렵다.

[0008] 한편, 건축 재료, 구조 부재, 건물 등이 화재나 고온에 대하여 갖는 내구성 및 안정성을 내화성능이라고 한다. 콘크리트는 고온을 받으면 강도 및 탄성계수가 저하되고, 구조물이 여러 가지 손상을 입는데 1) 가열 정도의 차이에 의한 열팽창 때문에 큰 변형과 2차 응력이 생겨 부재의 변형이나 손상이 유발되고, 2) 부재의 어느 단면에서도 표면과 내부의 온도차로 열응력이 생겨 손상이 발생하며, 3) 가열 자체로 재질이 열화되고, 4) 콘크리트 구조물 내의 강재와 콘크리트의 열팽창 계수가 높은 온도에서는 큰 차이가 생기므로 부착 상태가 나빠져 취성파괴의 원인이 된다.

[0009] 특히, 고강도 철근 콘크리트 부재는 수밀성이 높아 화재 시에 콘크리트 내부에서 발생되는 수증기를 외부로 배

출시키지 못하여 일정 정도의 고온에서 갑작스럽게 부재 표면이 심한 폭음과 함께 박리 및 탈락하는 폭렬(spalling)현상이 일어나는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위하여 창출된 것으로서, 콘크리트에 섬유 혼입 시에 유동성 저하를 방지하고, 부가적인 첨가제 없이도 설계 강도의 배합비를 유지하는데 목적이 있다.

[0011] 또한, 혼입된 섬유가 콘크리트로부터 뽑히는 것을 방지하여 균열 발생을 억제하고, 발생한 균열의 확장을 억제하는 것을 목적으로 한다.

[0012] 또한, 본 발명은 콘크리트 내의 섬유가 뭉치는 현상을 방지하여, 콘크리트 구조체의 균열 저항성능을 향상시키는 것을 목적으로 한다.

[0013] 또한, 콘크리트의 내화성능을 향상시키고, 화재시 구조물의 폭렬 현상을 방지하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0014] 전술한 과제 해결을 위해 본 발명은, 콘크리트 단위체적 1㎥ 당 시멘트 600~700kg, 물 130~180kg, 혼화재 260~420kg, 잔골재 900~1100kg, 굵은골재 350~500kg 및 폴리아미드 섬유 2.0~3.5kg 혼합되며 설계강도 150~200MPa인 초고강도 내화 콘크리트로서, 상기 혼화재는 실리카 흄 90~140kg/㎥, 슬래그 미분말 140~200kg/㎥, 무수석고 30~80kg/㎥로 구성되고, 상기 폴리아미드 섬유의 겉면은 다가(2가 이상) 알콜 에스테르 윤활제 40~50중량%, 비이온계 계면활성제 30~40중량% 및 대전 방지제 10~30중량%를 포함하는 분산제로 코팅되어, 상기 분산제에 의하여 상기 폴리아미드 섬유가 콘크리트 내에서 균일하게 분산됨으로써 굳지 않은 콘크리트의 워커빌리티를 증가시키면서 경화 후 균열을 저감시키는 폴리아미드 섬유를 포함하는 초고강도 내화 콘크리트를 제공한다.

[0015] 또한 본 발명은, 상기 폴리아미드 섬유는 직경 20~25㎛의 원형 단면을 가지며, 5~20㎜에서 선택된 균일한 길이를 갖는 것을 특징으로 하는 폴리아미드를 포함하는 초고강도 내화 콘크리트를 함께 제공한다.

[0016] 또한 본 발명은, 상기 폴리아미드 섬유의 길이방향 양단에는 원형 단면의 외주면을 따라서 하나 이상의 돌기가 형성된 것을 특징으로 하는 폴리아미드 섬유를 포함하는 초고강도 내화 콘크리트를 함께 제공한다.

[0017] 또한 본 발명은, 상기 폴리아미드 섬유는 5㎜ 게이지 길이로 측정한 강도가 7.5d/g 이상이고, 5㎜의 게이지 길이로 측정한 신도가 50～120%인 것을 특징으로 하는 폴리아미드 섬유를 포함하는 초고강도 내화 콘크리트를 함께 제공한다.

[0018] 또한 본 발명은, 잔골재 또는 굵은골재는 현무암인 것을 특징으로 하는 폴리아미드 섬유를 포함하는 초고강도 내화 콘크리트를 함께 제공한다.

[0019] 또한 본 발명은, 상기 잔골재는 조립율 3.20, 흡수율 2.37%, 밀도 2.88g/㎤의 현무암계 부순 모래이고, 굵은골재는 조립율 5.80, 흡수율 2.21%, 밀도 2.80g/㎤, 최대 치수 13㎜의 쇄석인 것을 특징으로 하는 폴리아미드 섬유를 포함하는 초고강도 내화 콘크리트를 함께 제공한다.

발명의 효과

[0020] 본 발명에 따른 콘크리트는 섬유가 균일하게 분산 분포되어 밀실한 조직특성을 가지므로 내구성이 향상되고, 이로 인해 보수·보강 비용이 감소되고, 장기적으로 유지관리 비용이 절감된다.

[0021] 또한, 분산제와 섬유의 단면 돌기로 인하여 시멘트 모르타르와의 부착력이 강화되므로 섬유의 뽑힘이 방지되어, 균열 저항성이 높아진다.

[0022] 또한, 섬유를 제외한 콘크리트의 배합비를 유지하면서 섬유만 첨가시킴으로써 굳지 않은 콘크리트의 성질 변화 없이도 설계 강도와 균열 억제력을 획득할 수 있어 무근 콘크리트에 활용하기 적당하다.

[0023] 이밖에도, 갑작스러운 고열이나 화재시에 폭렬을 방지하여 구조물의 안전성을 향상시킨다.

도면의 간단한 설명

[0024] [도 1a] 및 [도 1b]는 종래의 콘크리트에 발생한 균열을 보여주는 사진이다.

[도 2]는 콘크리트에 균열이 발생했을 때 혼입된 섬유의 역할을 보여주는 개략도이다.

[도 3]은 매크로 섬유와 마이크로 섬유의 역할을 보여주는 개략도이다.

[도 4a] 및 [도 4b]는 각각 본 발명 콘크리트에 혼입되는 폴리아미드 섬유와 그 분산정도를 보여주는 사진이다.

[도 5a] 및 [도 5b]는 각각 폴리아미드 섬유에 코팅제가 분산된 상태를 보여주는 개략도 및 모르타르 내에서 분산제가 작용하는 모습을 보여주는 개략도이다.

[도 6a] 및 [도 6b]는 각각 폴리아미드 섬유의 원형 단면, 길이방향 단부 형상를 보여주는 사진이고, [도 6c]는 단일 길이를 갖는 폴리아미드 섬유의 사진이다.

[도 7a] 및 [도 7b]는 각각 본 발명의 실험방법에 따라 콘크리트 시험체를 시험하기 전·후의 모습을 보여주는 사진이다.

[도 8]은 본 발명의 콘크리트로 만든 시험체의 구성 및 온도측정 위치를 나타낸 수직단면도와 수평단면도이다.

[도 9a] 및 [도 9b]는 각각 본 발명의 시험예 1, 2의 시험결과인 가열온도 곡선이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여, 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

[0026] 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.

[0027] 콘크리트가 타설되면, 수화반응 시 발생하는 수화열에 의하여 균열이 발생하고, 경화 후에도 하중, 진동 등의 영향으로 균열이 발생하게 된다. 그러나, 콘크리트에 섬유가 혼합된 경우에는 균열의 발생을 방지하고, 발생한 균열로 인한 강도 저하를 감소시킬 수 있다. 또한, 콘크리트의 내화성능을 향상시킬 수 있다.

[0028] 본 발명은 폴리아미드 섬유가 혼합된 콘크리트에 관한 것으로, 본 발명에서는 유기계 섬유 중 하나이 폴리아미드 섬유를 사용하는데, [도 4a]에는 일정한 길이로 절단된 폴리아미드 섬유가 도시되어 있고, [도 4b]에는 폴리아미드 섬유가 혼입된 공시체의 섬유 분산 정도를 보여주는 사진이 도시되어 있다.

[0029] [도 5a]에서 보듯이, 상기 폴리아미드 섬유는 원형 단면의 일정한 길이를 갖고, 겉면을 따라서 분산제가 코팅되어 있다.

[0030] 상기 분산제는 [도 5b]에 도시된 바와 같이, 친수기와 친유기를 포함하며, 구체적으로 상기 분산제는 다가(2가 이상) 알콜 에스테르 윤활제 40~50중량%, 비이온계 계면활성제 30~40중량% 및 대전 방지제 10~30중량%를 포함하고, 콘크리트 내에서 섬유간의 반발력을 일으켜 폴리아미드 섬유의 분산을 촉진시킨다.

[0031] 상기 다가 알콜 에스테르 윤활제는 소수성 계면 활성제로서 폴리아미드 섬유의 연신율을 낮춰주며, 강도 증진 역할 및 윤활작용을 하며, 에스테르 성분이 알카리 성분에 의해 분해되므로 콘크리트 내에서 분산제를 분해하여

제거하는 역할을 한다.

[0032] 상기 비이온계 계면활성제는 두 물질이 접하는 부분의 활성을 낮춰 혼합을 용이하게 하거나 새로운 물성을 갖게 해주는 물질로서 폴리아미드 섬유의 분산성을 향상시키고 수분이 있을 경우 해리 작용을 한다. 또한, 상기 대전방지제는 폴리아미드 섬유를 콘크리트 혼합물에 투입하기 전에 사용성을 향상시켜 준다.

[0033] 이처럼 시멘트 모르타르가 수화하면서 물과 함께 분산제 성분이 제거되면서 시멘트, 골재 및 섬유 간의 간격을 좁혀주고 폴리아미드 섬유가 수소결합을 유도함으로써, 시멘트 경화체와 폴리아미드 섬유 간의 부착력을 향상시킨다. 또한, 폴리아미드 섬유 제조 시 연신성을 향상시켜 신도를 낮추며, 강도를 높여 보강재로서의 폴리아미드 섬유의 효과를 극대화시킨다.

[0034] 상기 콘크리트에 혼입되는 폴리아미드 섬유는 단일한 굵기와 길이를 갖는다. 상기 폴리아미드 섬유는 20~25㎛의 원형 단면을 갖는 것이 바람직한데, 폴리아미드 섬유의 굵기는 섬유 자체의 강도와 연관되며, 폴리아미드 섬유의 강도 및 혼입률에 따른 콘크리트 내에서의 분산율과 인장강도를 고려할 때, 섬유 강도 4d(denier, 데니어, 굵기 : 23㎛)인 경우가 섬유 강도 8d인 경우보다 분산율 100%에 가까운 값을 가지며, 특히 단위체적(1㎥)당 0.6kg를 혼입한 경우가 분산율 100%에 가장 가깝다.

[0035] 다만, 콘크리트의 설계강도가 커질수록 콘크리트 조직이 치밀해져 고온에서 발생하는 내부 압력이 커지므로 콘크리트의 내부 압력을 감소시키기 위하여 섬유의 혼입량을 증가시켜야한다. 아래 [표 1]에서 보듯이, 분산율 100%를 기준으로 설계강도 150MPa의 경우, 섬유는 단위체적당 2.5kg, 200MPa의 경우 단위체적당 3kg을 혼입하는 것이 바람직하다.

표 1

[0036]

f_{ck} (MPa)	W/B (%)	Fiber (kg/㎥)
50	30	0.6
60	26	0.8
80	23	1.0
100	20	1.5
150	16	2.5
200	15	3.0

[0037] 상기 폴리아미드 섬유는 [도 6a]에서 보듯이 전체적으로는 원형 단면 형상을 가지나, [도 6b]와 같이 길이 방향의 양단에 돌기가 형성되는 것이 바람직하다. 상기 돌기는 하나 이상이 형성되며, 폴리아미드 섬유를 제조하면서 일정 길이로 커팅할 때 단부에 형성되도록 할 수 있다. 상기 돌기는 시멘트 경화체 내에서 부착력과 더불어 정착력을 향상시킴으로써 콘크리트 구조체의 인성을 높인다.

[0038] 상기 폴리아미드 섬유의 길이는 5~20㎜의 범위 내에서 선택되며, 콘크리트 내에 혼입되는 폴리아미드 섬유의 길이는 [도 6c]와 같이 일정한 것이 바람직하다. 섬유의 길이는 콘크리트의 단위체적(1㎥)당 섬유의 투입량과 연관되므로 콘크리트의 역학적 특징을 고려하여 결정될 수 있다. 혼입되는 폴리아미드 섬유의 강도가 크면, 콘크리트 내의 결합재와 폴리아미드 섬유 간의 비표면적이 줄어들어 분산성이 떨어질 수 있으며, 상대적으로 혼입되는 폴리아미드 섬유의 수가 감소하여 콘크리트에 취약부가 형성될 수 있으므로, 상기 폴리아미드 섬유는 5㎜ 게이지 길이로 측정한 강도가 7.5d/g 이상이고, 5㎜의 게이지 길이로 측정한 신도가 50~120%인 것을 사용한다. 또한, 폴리아미드 섬유의 길이는 상기 폴리아미드 섬유가 혼입되는 조성물의 종류에 따라 다르다. 예를 들어, 조성물이 콘크리트인 경우에는 13㎜이고, 모르타르인 경우에는 6㎜로 할 수 있다.

[0039] 본 발명이 제공하는 콘크리트의 구성을 살펴보면, 콘크리트 혼합물 1㎥당 600~700kg의 시멘트, 130~180kg의 물, 260~420kg의 혼화재, 900~1100kg의 잔골재, 350~500kg 굵은골재 및 2.0~3.5kg의 폴리아미드 섬유가 포함된다. 이때, 상기 혼화재는 실리카 흄 90~140kg/㎥, 슬래그 또는 고로 슬래그 140~200kg/㎥, GY(무수석고) 30~80kg/㎥로 구성되고, 혼화재 일부는 플라이 애쉬나 다른 종류의 결합재로 대체될 수 있다. 위와 같은 콘크리트는 설계기준 강도가 150~200MPa인 초고강도 콘크리트 경화체가 되며, 상기 폴리아미드 섬유는 분산제에 의하여 콘크리트 내에서 균일하게 분산됨으로써 콘크리트 경화체의 워커빌리티가 증가한다.

[0040] 또한, 상기 골재로는 현무암(특히, 제주산 현무암이 우수함)이 사용될 수 있는데, 현무암을 사용할 경우, 국내 건설 현장에서 주로 사용되고 있는 화강암 골재에 비해 밀도 및 강도가 높아 150MPa 이상의 설계 강도 발현이 용이하다. 특히, 잔골재로는 조립율 3.00~3.40, 흡수율 1.50~2.50%, 표건밀도 2.70~2.90g/㎤의 현무암계 부순 모래를 사용하고, 굵은골재로는 조립율 5.50~6.00, 흡수율 1.50~2.50%, 표건밀도 2.70~2.90g/㎤, 최대 치수 13㎜의 현무암계 부순 굵은골재를 사용하는 것이 바람직하다.

[0041] 이하에서는 콘크리트의 압축 강도에 따른 설계 배합비의 실시예를 살펴본다.

[0042] [실시예 1] - 설계강도 150MPa

표 2

[0043]

배 합 비		단위재료량(kg/㎥)							비율(%)
		C	SF	BFS	GY	S	G	SP	W/B
		618	114	171	48	1018	450	23.53	16
내화성능 보강재	종 류	폴리아미드 섬유 - 13㎜							
	배합비	2.5kg/㎥(중량비), 0.22vol%(부피비)							

[0044] 위 [실시예 1]은 설계강도 150MPa 발현을 위한 배합예로서, 콘크리트 1㎥ 당 시멘트 618㎏, 물-결합재비 16%, 슬래그 미분말 171㎏, 무수석고(GY) 48㎏, 현무암 잔골재 1018㎏, 현무암 굵은골재 450㎏ 및 폴리아미드 2.5㎏ 및 고성능감수재 23.53㎏을 배합한 것이다. 상기 폴리아미드 섬유는 직경 20㎛의 원형 단면을 갖으며, 길이는 13㎜로 균일한 것이다. 굵은골재는 최대치수 13㎜인 현무암 골재이다. 위 배합의 콘크리트는 공기량 0.5%, 슬럼프 플로우는 650㎜로서 워커빌리티가 높고, 재령 91일에 설계된 강도가 발현됨을 확인할 수 있었다.

[0045] [실시예 2] - 설계강도 200MPa

표 3

[0046]

배 합 비		단위재료량(kg/m3)							비율(%)
		C	SF	BFS	GY	S	G	SP	W/B
		672	124	186	52	975	414	35.12	15
내화성능 보강재	종 류	폴리아미드 섬유 - 13㎜							
	배합비	3.0kg/㎥(중량비), 0.26vol%(부피비)							

[0047] 위 [실시예 2]는 설계강도 200MPa 발현을 위한 배합예로서, 콘크리트 1㎥ 당 672㎏, 물-결합재비 15%, 슬래그 미분말 186㎏, 무수석고(GY) 52㎏, 현무암 잔골재 975㎏, 현무암 굵은골재 414㎏ 및 폴리아미드 섬유 3.0㎏을 배합한 것이다. 상기 폴리아미드 섬유는 직경 20㎛의 원형 단면을 갖으며, 길이는 13㎜로 균일한 것이다. 굵은골재는 최대치수 13㎜인 현무암 골재이다. 위 배합의 콘크리트는 공기량 0.5%, 슬럼프 플로우는 620㎜로서 워커빌리티가 높고, 재령 91일에 설계된 강도가 발현됨을 확인할 수 있었다.

[0048] 한편, 본 발명의 콘크리트에 폴리아미드 섬유를 혼입하는 방법은 시공 현장에서 레디믹스트콘크리트 현장 배치 플랜트에 설계강도에 맞춰 배합된 콘크리트 조성물을 준비하고, 수용성으로 포장된 폴리아미드 섬유를 상기 콘크리트 조성물에 투입하여 믹싱함으로써 간단하게 혼입 작업을 마칠 수 있다. 이때, 상술한 바와 같이 폴리아미드 섬유의 겉면에 코팅된 분산제에 의하여 펌퍼빌러티 등의 워커빌리티가 저감되지 않으므로, 과량의 물을 투입하거나 감수제와 같은 고가의 혼화제를 첨가할 필요 없이, 설계 강도를 유지할 수 있다.

[0049] 또한, 본 발명의 초고강도 내화 콘크리트를 국토해양부 고시 제2008-334호(2008.07.21)의 「고강도 콘크리트 기둥·보의 내화성능 관리기준」시험방법에 의하여 내화시험(비재하 3시간 가열)을 실시하였다. 상기 시험방법은 다음과 같다.

[0050] 1. 시험체를 가열면적 3m×4m인 수평가열로에 ALC패널을 받침으로 이용하여 시험체와 화구의 높이가 유사하도록 배치함.

[0051] 2. 가열로내 설치한 열전대 9개에서 측정된 온도의 평균값이 KS F 2257-1 : 2005의 시험방법에서 정한 표준가열온도곡선에 맞도록 하여 시험체를 3시간 동안 비재하 가열함.

[0052] 3. 시험중 가열로내 압력은 수평가열로 덮개 하단으로부터 100mm 지점에서 압력이 20Pa이되도록 로내압력을 제어함.

[0053] 4. 가열시험중 국토해양부 고시 2008-334호에서 제시한 시험체별 각 4개소에서 시험체온도를 측정함.

[0054] 5. 가열시험중 시험체의 내화상 유해한 변화를 관찰함.

[0055] [도 7a] 및 [도 7b]에는 각각 본 발명의 실험방법에 따라 콘크리트 시험체를 시험하기 전·후의 모습을 보여주는 사진이 나타나 있고, [도 8]에는 본 발명의 콘크리트로 만든 시험체의 구성 및 온도측정 위치를 나타낸 수직단면도와 수평단면도가 도시되어 있다.

[0056] 시험예와 그 결과는 각각 아래와 같다.

[0057] [시험예 1] - 설계 강도 150MPa

[0058] 가. 시험체의 일반사항

표 4

[0059]

항 목		내 용
시험체명		150MPa-PA보강콘크리트
철근	주철근 치수 및 재질	8-D22-SD400
	늑근 치수 및 재질	D10@100-SD400
철골	단면 치수 및 재질	해당사항 없음
콘크리트	설계기준강도(MPa)	150
	시멘트 종류	보통 포틀랜드 시멘트
	슬럼프(mm)	-
	슬럼프플로우(mm)	650
	공기량(%)	0.5
	골재의종류(암석종류)	현무암
	굵은골재 치수(mm)	13
시험체 제작	양생기간	시험체 제작 후 91일
	양생조건	기건양생

[0060] 콘크리트의 구성은 [실시예 1]과 같으며, 콘크리트 피복 두께는 50mm이다.

[0061] 나. 시험 결과

[0062] [시험예 1]의 시험 결과인 온도곡선은 [도 9a]에 도시되어 있으며, 지정한 로내 온도는 파란색으로 표시되어 있고, 실제 로내 온도는 붉은색이며, 내화등급 판정 결과는 아래 [표 5]와 같다.

표 5

[0063]

시험결과(180분)					
시험체 A	측정위치	11	12	13	14
	온도(℃)	487	384	521	392
시험체 B	측정위치	15	16	17	18
	온도(℃)	468	359	468	423

[0064] ※ 측정위치는 [도 8] 참조

[0065] [시험예 2] - 설계 강도 200MPa

[0066] 가. 시험체의 일반사항

표 6

[0067]

항 목		내 용
시험체명		200MPa-PA보강콘크리트
철근	주철근 치수 및 재질	8-D22-SD400
	늑근 치수 및 재질	D10@100-SD400
철골	단면 치수 및 재질	해당사항 없음
콘크리트	설계기준강도(MPa)	200
	시멘트 종류	보통 포틀랜드 시멘트
	슬럼프(㎜)	-
	슬럼프플로우(㎜)	620
	공기량(%)	0.5
	골재의종류(암석종류)	현무암
	굵은골재 치수(㎜)	13
시험체 제작	양생기간	시험체 제작 후 69일
	양생조건	기건양생

[0068] 콘크리트의 구성은 [실시예 2]와 같으며, 콘크리트 피복 두께는 50㎜이다.

[0069] 나. 시험 결과

[0070] [시험예 2]의 시험 결과인 온도곡선은 [도 9b]에 도시되어 있으며, 지정한 로내 온도는 파란색으로 표시되어 있고, 실제 로내 온도는 붉은색이며, 내화등급 판정 결과는 아래 [표 7]과 같다.

표 7

[0071]

구분	판정기준	시험결과		허용온도 초과시간	내화등급
		평균온도	최고온도		
시험체 A	- 주철근 평균온도 : 538℃ 이하	499℃	577℃	-	3시간
시험체 B	- 주철근 최고온도 : 649℃ 이하	489℃	569℃		

[0072] 이상과 같이, 본 발명의 폴리아미드 섬유를 포함하는 고강도 콘크리트의 경우, 내화등급이 3시간임을 확인할 수 있다.

부호의 설명

[0073] 없음

도면

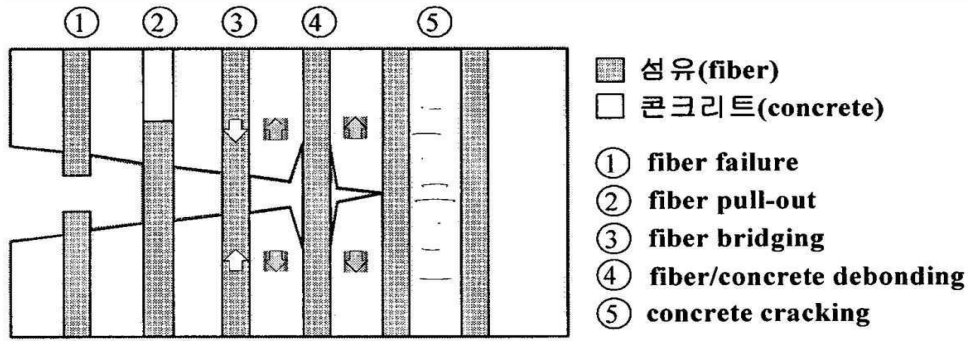
도면1a



도면1b



도면2



도면3



(a) (b)

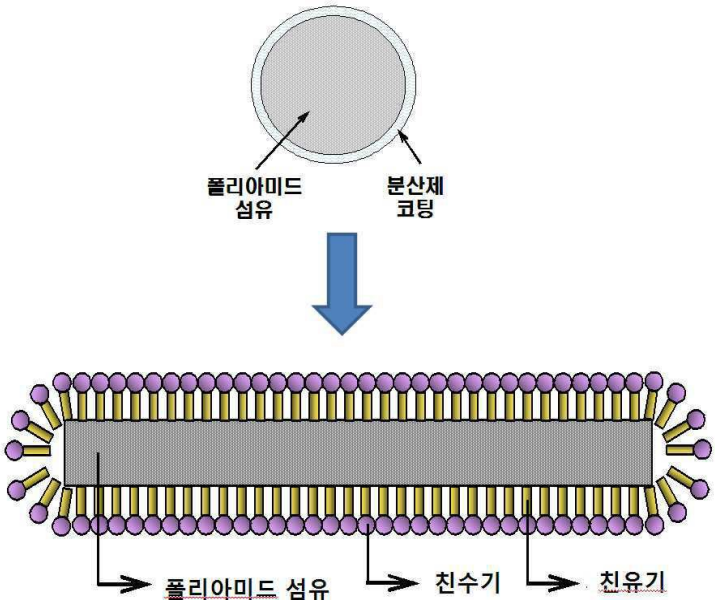
도면4a



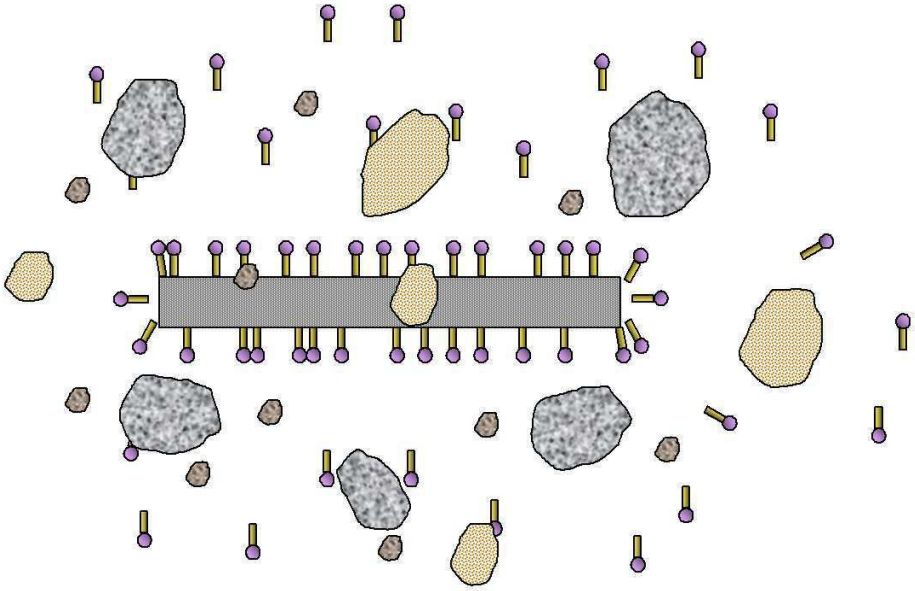
도면4b



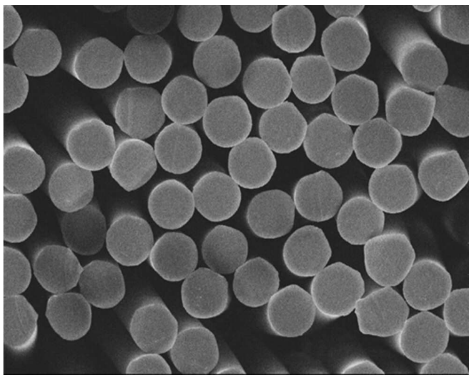
도면5a



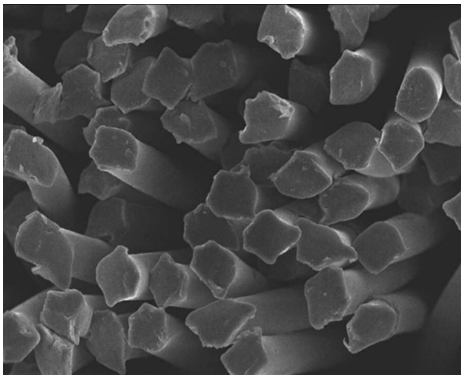
도면5b



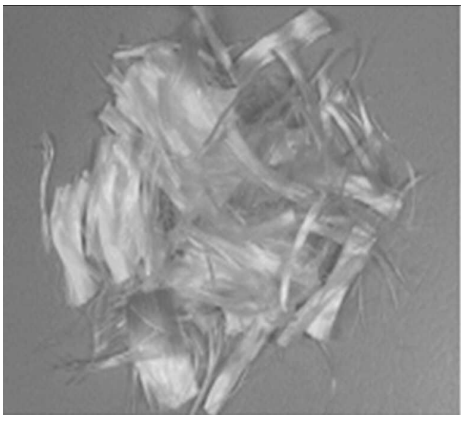
도면6a



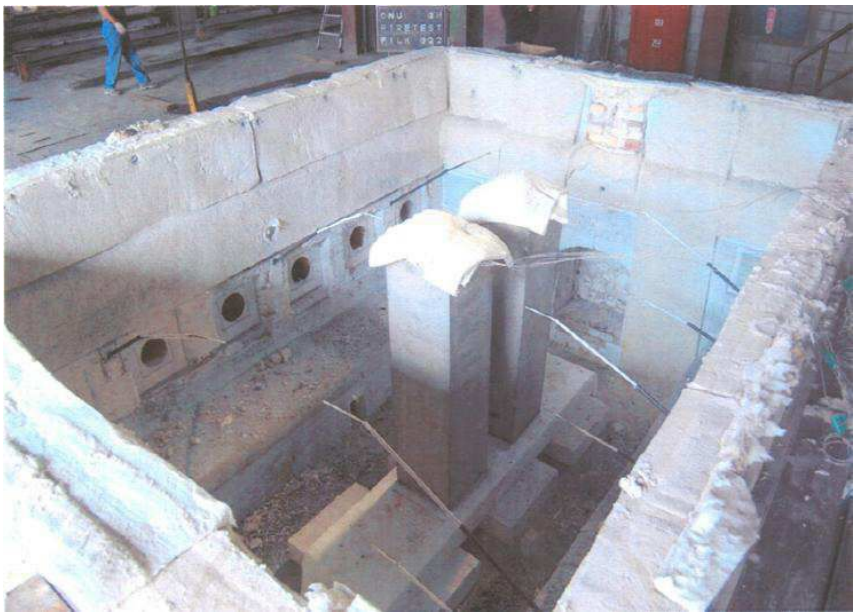
도면6b



도면6c



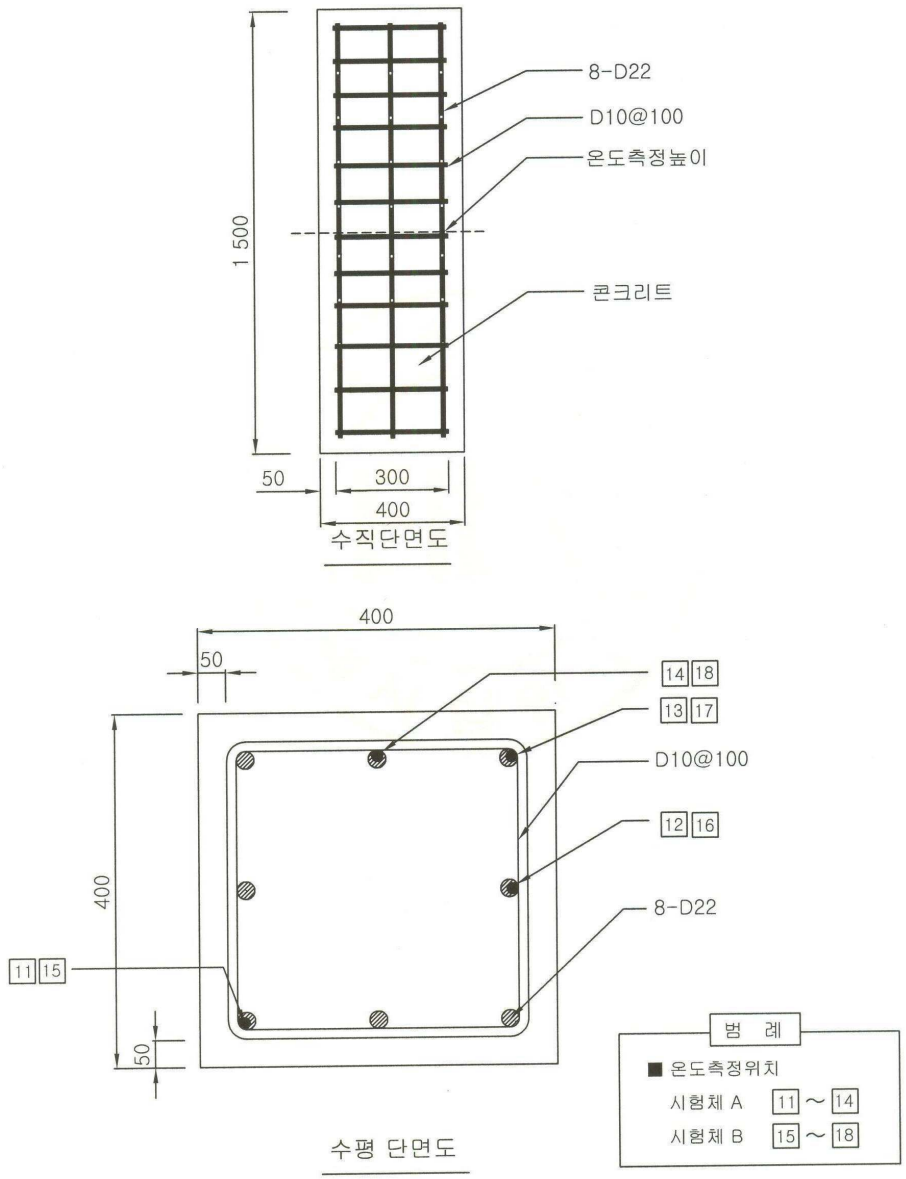
도면7a



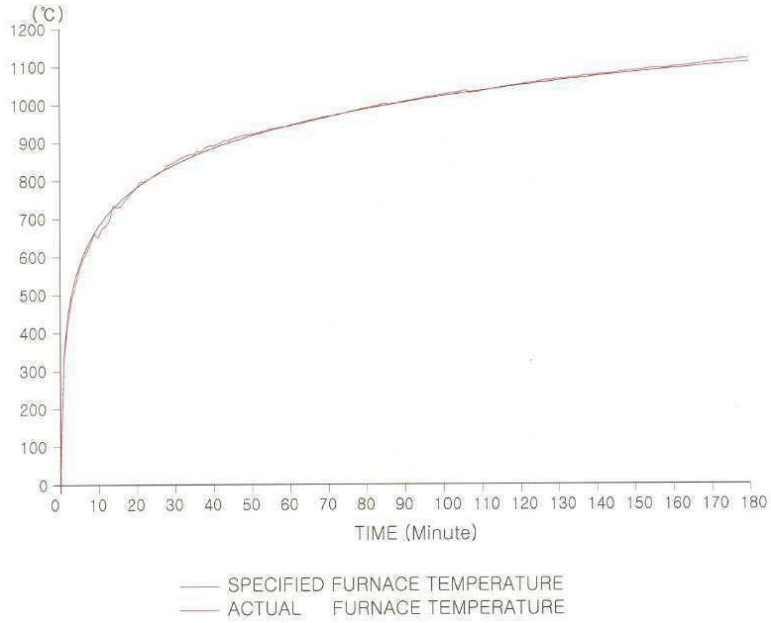
도면7b



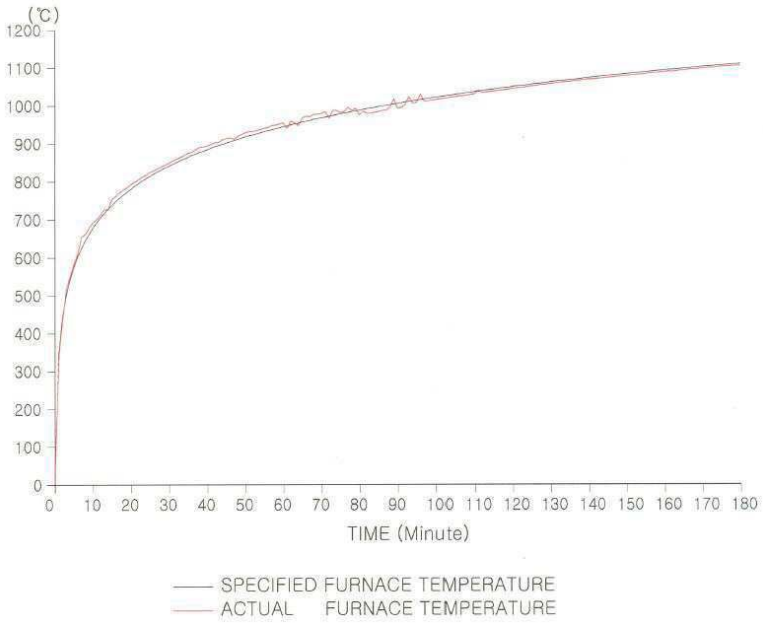
도면8


8-D22
D10@100
온도측정높이
콘크리트
1 500
50
300
400
수직단면도
400
50
14 18
13 17
D10@100
12 16
8-D22
11 15
400
50
수평 단면도
범 례
■ 온도측정위치
시험체 A 11 ~ 14
시험체 B 15 ~ 18

도면9a


(℃)
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180
TIME (Minute)
SPECIFIED FURNACE TEMPERATURE
ACTUAL FURNACE TEMPERATURE

도면9b


(℃)
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180
TIME (Minute)
SPECIFIED FURNACE TEMPERATURE
ACTUAL FURNACE TEMPERATURE