

명세서

발명의 명칭: 강도발현의 극대화를 위한 초고강도 콘크리트의 관리방법

기술분야

- [1] 본 발명은 초고강도 콘크리트의 강도발현을 극대화하기 위한 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 동일한 배합재료에 의한 동일한 배합설계에서 초고강도 콘크리트 경화체의 강도발현을 극대화할 수 있는 방법에 관한 것이다.

[2]

배경기술

- [3] 최근 초고층 구조물의 증가에 따라 초고강도 콘크리트에 대한 관심이 증대하고 있다. 초고강도 콘크리트의 적용으로 기둥, 보 등의 부재 단면을 줄일 수 있어 골조경비를 절감할 수 있고, 나아가 부재 단면의 축소에 따라 넓은 내부 공간을 확보할 수 있어 효율적인 공간 활용이 가능해지기 때문이다.
- [4] 초고강도 콘크리트라고 하면 경화 콘크리트가 120MPa 이상의 압축강도를 발현하는 경우를 의미한다. 초고강도 콘크리트는 시멘트 외에 실리카퓌, 고로슬래그 미분말, 플라이애시, 석고 등을 결합재로 채택하고 낮은 물-결합재비로 배합설계하며, 최근에는 200MPa급 극초고강도 콘크리트의 배합설계 방법까지 제안되고 있다.
- [5] 한편 초고강도 콘크리트는 낮은 물-결합재비를 갖기 때문에 배합재료 간 혼합이 잘 이루어지지 않으며, 그 결과 실제 경화체는 설계강도대로 강도발현이 이루어지지 않을 수 있다. 소정의 설계강도에 따라 배합하더라도 배합재료 간 혼합이 어려워 설계강도보다 한참 낮게 강도발현이 이루어지는 것이다. 극히 낮은 물-결합재비의 200MPa급 초고강도 콘크리트는 더욱 그러하다.

[6]

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [7] 본 발명은 종래 초고강도 콘크리트의 낮은 물-결합재비에 따른 강도발현 문제를 개선하고자 개발된 것으로서, 동일한 배합재료에 의한 동일한 배합설계에서 강도발현을 극대화시킬 수 있는 방법을 제공하고자 한다.

[8]

과제 해결 수단

- [9] 상기한 기술적 과제를 해결하기 위해 본 발명은 물, 시멘트, 실리카퓌, 고로슬래그, 석고, 잔골재, 굵은 골재를 포함하는 배합재료를 가지고 20중량% 이하의 낮은 물-결합재비로 120MPa 이상의 압축강도로 배합설계되는 초고강도 콘크리트의 강도발현을 극대화하기 위한 방법으로서, 다음의 방법을 제공한다.
- [10] 첫째, 초고강도 콘크리트 배합에서 슬럼프 플로우를 $850 \pm 50\text{mm}$ 수준으로

배합설계하는 것을 통해 초고강도 콘크리트의 강도발현을 극대화하고자 한다.

[11] 둘째, 초고강도 콘크리트 배합에서 공기량을 1.0~2.0%로 배합설계하는 것을 통해 초고강도 콘크리트의 강도발현을 극대화하고자 한다.

[12] 셋째, 초고강도 콘크리트 비빔에서 먼저 굵은 골재와 실리카폼을 투입하여 20~40초 동안 건비빔한 후 다른 배합재료를 투입하여 비빔하는 것을 통해 초고강도 콘크리트의 강도발현을 극대화하고자 한다.

[13] 넷째, 초고강도 콘크리트 비빔에서 맨 나중에 물을 투입하여 150~200초간 비빔한 후 200~400초 동안 비빔을 멈추어 그대로 놓아두는 정치(定置)과정을 거친 다음 다시 150~200초 동안 비빔하는 것을 통해 초고강도 콘크리트의 강도발현을 극대화하고자 한다.

[14] 다섯째, 초고강도 콘크리트를 무다짐 타설하는 것을 통해 초고강도 콘크리트의 강도발현을 극대화하고자 한다.

[15] 여섯째, 초고강도 콘크리트를 타설한 후 14~28일 동안 습윤 양생한 다음 기건 양생하는 것을 통해 초고강도 콘크리트의 강도발현을 극대화하고자 한다.

[16]

발명의 효과

[17] 본 발명에 따르면 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.

[18] 첫째, 초고강도 콘크리트에서 동일한 배합재료에 의한 동일한 배합설계를 가지고도 적절한 관리를 통해 초고강도 콘크리트의 강도발현을 극대화할 수 있다. 특히 비빔방법, 혼화제 첨가방법, 타설방법, 양생방법 등 관리방법이 간단하기 때문에 현장에 유리하게 적용할 수 있다.

[19] 둘째, 초고강도 콘크리트의 강도발현을 극대화시킬 수 있기 때문에 본 발명에 따라 초고강도 콘크리트를 관리하면서 초고강도 콘크리트 구조물을 구축한다면 강도 극대화에 따라 구조물의 안정성을 강화할 수 있다.

[20]

도면의 간단한 설명

[21] 도 1은 슬럼프 플로어에 따른 초고강도 콘크리트의 강도특성을 보여준다.

[22] 도 2는 공기량에 따른 초고강도 콘크리트의 강도특성을 보여준다.

[23]

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[24] 본 발명은 물, 시멘트, 실리카폼, 고로슬래그, 석고, 잔골재, 굵은 골재를 포함하는 배합재료를 가지고 20중량% 이하의 낮은 물-결합재비로 120MPa 이상의 압축강도로 배합설계되는 초고강도 콘크리트에서, 동일한 배합재료에 의한 동일한 배합설계를 가지고도 초고강도의 강도발현을 극대화할 수 있는 6가지 관리조건을 제안한다.

[25] 아래 [실시예]에서는 6가지 관리조건 각각에 대한 극초고강도 콘크리트의 압축강도 향상효과를 확인하였다. 이에 따라 6가지 관리조건 각각은 초고강도

콘크리트의 강도발현을 극대화시킬 수 있는 방안이 될 것이며, 나아가 6가지 관리조건을 함께 적용한다면 초고강도 콘크리트의 강도발현을 더욱 상승시킬 수 있을 것으로 기대된다. 특히 6가지 관리조건은 200MPa 이상의 극초고강도 콘크리트로 배합설계되는 경우에 유리하게 적용할 수 있다.

[26] (1)사전 진비법

[27] 콘크리트 믹서에서 배합하기 전에 배합재료 중에 굵은 골재와 실리카흙을 제일 먼저 넣고 20~40초 동안 진비법을 실시한 후에 다른 배합재료를 투입하여 비빔한다. 이는 골재 표면에 실리카흙을 고르게 분산 코팅시키는 효과를 통해 천이대(시멘트 경화체와 골재의 경계면)의 포출란 반응을 증진시켜 골재와 시멘트 페이스트 간의 부착력 증진에 도움을 주기 위함인데, 실제 [실시예]에서 30초 동안 진비법을 한 결과 압축강도의 상승효과가 확인되었다.

[28] (2)중간 정치(定置, Stationing)

[29] 콘크리트 믹서에서 나머지 배합재료를 투입하여 진비법한 후 맨 나중에 물을 투입하여 배합할 때, 물을 투입하여 150~200초간 비빔한 후 200~400초 동안 비빔을 멈추어 그대로 놓아두는 정치(定置)과정을 거친 다음에 다시 150~200초 동안 비빔한 것을 배출토록 한다. 이는 초기 수화반응을 촉진시키고 콘크리트의 충전성 향상을 도모하기 위함이며, 실제 [실시예]에서 정치과정을 거칠 때 압축강도의 상승효과가 확인되었다.

[30] (3)슬럼프 플로우 관리

[31] 초고강도 콘크리트의 슬럼프 플로우는 강도와 밀접한 관계가 있다. 즉, 높은 슬럼프 플로우를 가질수록 충전성 측면에서 유리하게 작용한다. 이를 감안하여 본 발명에서는 $850 \pm 50\text{mm}$ 수준의 슬럼프 플로우를 제안하는데, 이보다 작으면 충전성이 떨어져 강도저하가 우려되고 이보다 크면 재료분리가 발생한다. 실제 [실시예]에서 200MPa의 극초고강도 콘크리트 배합에서 슬럼프 플로우와 강도의 관계를 확인한 결과, $850 \pm 50\text{mm}$ 수준에서 가장 강도발현이 높게 나타났다. 한편 슬럼프 플로우는 콘크리트 배합설계에 영향을 미치지 않는 각종 혼화제(감수제, 유동화제 등)의 첨가량을 적절히 조절하는 것으로 관리할 수 있다.

[32] (4)공기량 관리

[33] 공기량 2.0% 이하로 관리한다. 공기량은 강도와 반비례하는 현상을 보이기 때문에 공기량이 작을수록 강도에 유리하므로 이를 고려한 결과이다. 실제 [실시예]에서 200MPa의 극초고강도 콘크리트 배합에서 공기량과 강도의 관계를 확인한 결과, 2.0% 이하에서 강도발현이 높게 나타났다. 공기량은 콘크리트 배합설계에 영향을 미치지 않는 각종 혼화제(기포제, 소포제 등)의 첨가량을 적절히 조절하는 것으로 관리할 수 있다.

[34] (5)무다짐 타설

[35] 유동성이 좋다면 무다짐 타설한다. 바이브레이터를 이용한 진동 다짐을 할 경우 재료분리나 공기량 증가 등을 유발하여 강도저하를 초래할 수 있다. 실제 [실시예]에서 확인한 결과 진동다짐 타설보다 무다짐 타설에서 강도발현이 더

좋았다. 특히 앞서 살펴본 슬럼프 플로우의 관리를 통해 $850\pm 50\text{mm}$ 의 슬럼프 플로우를 가지도록 설계한다면 유동성이 좋으므로, 무다짐 타설이 가능해진다.

[36] (6)습윤 양생

[37] 초고강도 콘크리트를 타설한 후 14~28일 동안 습윤 양생한 다음 기건 양생한다. 초고강도 콘크리트는 낮은 물-결합재비로 인해 내부 수분의 건조가 발생할 경우 수화반응에 필요한 물의 양이 모자랄 수 있으므로 수화반응이 활발히 일어나는 시기에는 내부 수분의 증발을 막을 필요가 있는데, 본 발명에서는 타설 후 14~28일간 습윤 양생을 할 것을 제안한다. 하지만 너무 장기간 동안 습윤 양생을 유지할 경우 오히려 강도 저하가 될 수 있으므로 14~28일 동안이 적절하다.

[38]

발명의 실시를 위한 형태

[39] 이하에서는 실시예에 의거하여 본 발명에 따른 관리조건에 의한 초고강도 콘크리트의 강도특성을 살펴본다. 다만, 하기의 실시예는 본 발명을 예시하기 위한 것일 뿐이며, 본 발명의 범위가 이로써 한정되는 것은 아니다.

[40]

[41] [실시예] 관리조건에 따른 초고강도 콘크리트의 강도특성

[42] 1. 시험방법

[43] 아래 200MPa 초고강도 콘크리트 배합비를 동일하게 사용하여 각 시험변수별로 강도에 대한 영향을 파악하였다. 각각의 시험변수를 제외하고 다른 조건을 모두 동일하게 하여 시험하였다.

[44] 표 1

[Table 1]

초고강도 콘크리트 배합

W/B	S/a	Unit Weight (kg/m ³)						
		W	OPC	Silica Fume	Blast Furnace Slag	Gypsum	Sand	Gravel
12.5%	35%	150	660	240	240	60	392	736

[45] 2. 시험결과

[46] (1)비빔조건에 따른 초고강도 콘크리트의 강도특성

[47] 비빔조건을 달리한 초고강도 콘크리트의 강도특성은 아래 [표 2]와 같이 나타났다. 보는 바와 같이 굵은 골재와 실리카폼을 먼저 건비빔한 경우에서 압축강도가 향상된 것을 확인할 수 있다.

[48] 표 2

[Table 2]

비빔조건에 따른 초고강도 콘크리트의 강도특성

구분	압축강도 (MPa)		
	재령 7일	재령 28일	재령 91일
일반 건비빔	150.4	184.5	198.7
굵은 골재 및 실리카흙 건비빔 30초 선행	155.8	194.4	207.1

[49] (2)정치여부에 따른 초고강도 콘크리트의 강도특성

[50] 물을 배합하는 과정에서 정치여부에 따른 초고강도 콘크리트의 강도특성은 아래 [표 3]와 같이 나타냈다. 보는 바와 같이 중간 정치과정을 거친 경우에서 압축강도가 향상된 것을 확인할 수 있다.

[51] 표 3

[Table 3]

정치여부에 따른 초고강도 콘크리트의 강도특성

구분	압축강도 (MPa)		
	재령 7일	재령 28일	재령 91일
정치 無	144.1	170.3	191.6
180초 비빔 후 300초 정치한 다음 180초 비빔	147.3	174.9	197.1

[52] (3)슬럼프 플로우에 따른 초고강도 콘크리트의 강도특성

[53] 슬럼프 플로우에 변화를 주면서 초고강도 콘크리트의 강도를 평가할 결과 도 1과 같이 나타냈다. 보는 바와 같이 슬럼프 플로우가 800~900mm에서 200MPa 이상의 압축강도를 나타내고 그 이하에서는 200MPa를 넘지 못하는 것을 확인할 수 있다.

[54] (4)공기량에 따른 초고강도 콘크리트의 강도특성

[55] 공기량에 변화를 주면서 초고강도 콘크리트의 강도를 평가할 결과 도 2과 같이 나타냈다. 보는 바와 같이 공기량이 2%를 초과할 수록 압축강도가 크게 떨어지는 것을 확인할 수 있다.

[56] (5)타설방법에 따른 초고강도 콘크리트의 강도특성

[57] 타설방법에 따른 초고강도 콘크리트의 강도특성은 아래 [표 4]와 같이 나타냈다. 보는 바와 같이 진동다짐보다 무다짐에서 강도발현이 크게 되는 것을 알 수 있다.

[58] 표 4

[Table 4]

타설방법에 따른 초고강도 콘크리트의 강도특성

구 분	압축강도 (MPa)		
	재령 7일	재령 28일	재령 91일
진동다짐	150.8	178.0	192.5
무다짐	153.2	187.2	201.7

[59] (6)양생방법에 따른 초고강도 콘크리트의 강도특성

[60] 양생방법에 따른 초고강도 콘크리트의 강도특성은 아래 [표 5]와 같이 나타냈다. 보는 바와 같이 수중양생 14일 진행할 때 압축강도가 가장 크게 발현된 것을 확인할 수 있다.

[61] 표 5

[Table 5]

양생방법에 따른 초고강도 콘크리트의 강도특성

수중양생 기간	재령 91일 압축강도 (MPa)
기진	179.6
수중양생 3일	191.4
수중양생 7일	202.5
수중양생 14일	212.0
수중양생 28일	211.9
수중양생 91일	189.2

[62]

청구범위

- [청구항 1] 물, 시멘트, 실리카폼, 고로슬래그, 석고, 잔골재, 굵은 골재를 포함하는 배합재료를 가지고 20중량% 이하의 낮은 물-결합재비로 120MPa 이상의 압축강도로 배합설계되는 초고강도 콘크리트의 강도발현을 극대화하기 위한 방법으로서,
먼저 굵은 골재와 실리카폼을 투입하여 20~40초 동안 건비빔한 후 다른 배합재료를 투입하여 비빔하는 것을 특징으로 하는 강도발현의 극대화를 위한 초고강도 콘크리트의 관리방법.
- [청구항 2] 물, 시멘트, 실리카폼, 고로슬래그, 석고, 잔골재, 굵은 골재를 포함하는 배합재료를 가지고 20중량% 이하의 낮은 물-결합재비로 120MPa 이상의 압축강도로 배합설계되는 초고강도 콘크리트의 강도발현을 극대화하기 위한 방법으로서,
맨 나중에 물을 투입하여 150~200초간 비빔한 후 200~400초 동안 비빔을 멈추어 그대로 놓아두는 정치(定置)과정을 거친 다음 다시 150~200초 동안 비빔하는 것을 특징으로 하는 강도발현의 극대화를 위한 초고강도 콘크리트의 관리방법.
- [청구항 3] 물, 시멘트, 실리카폼, 고로슬래그, 석고, 잔골재, 굵은 골재를 포함하는 배합재료를 가지고 20중량% 이하의 낮은 물-결합재비로 120MPa 이상의 압축강도로 배합설계되는 초고강도 콘크리트의 강도발현을 극대화하기 위한 방법으로서,
슬럼프 플로우를 850 ± 50 mm 수준으로 배합설계하는 것을 특징으로 하는 강도발현의 극대화를 위한 초고강도 콘크리트의 관리방법.
- [청구항 4] 물, 시멘트, 실리카폼, 고로슬래그, 석고, 잔골재, 굵은 골재를 포함하는 배합재료를 가지고 20중량% 이하의 낮은 물-결합재비로 120MPa 이상의 압축강도로 배합설계되는 초고강도 콘크리트의 강도발현을 극대화하기 위한 방법으로서,
공기량을 1.0~2.0%로 배합설계하는 것을 특징으로 하는 강도발현의 극대화를 위한 초고강도 콘크리트의 관리방법.
- [청구항 5] 물, 시멘트, 실리카폼, 고로슬래그, 석고, 잔골재, 굵은 골재를 포함하는 배합재료를 가지고 20중량% 이하의 낮은 물-결합재비로 120MPa 이상의 압축강도로 배합설계되는 초고강도 콘크리트의 강도발현을 극대화하기 위한 방법으로서,
초고강도 콘크리트를 무다짐 타설하는 것을 특징으로 하는 강도발현의 극대화를 위한 초고강도 콘크리트의 관리방법.
- [청구항 6] 물, 시멘트, 실리카폼, 고로슬래그, 석고, 잔골재, 굵은 골재를 포함하는 배합재료를 가지고 20중량% 이하의 낮은 물-결합재비로

120MPa 이상의 압축강도로 배합설계되는 초고강도 콘크리트의 강도발현을 극대화하기 위한 방법으로서,
초고강도 콘크리트를 타설한 후 14~28일 동안 습윤 양생한 다음 기건 양생하는 것을 특징으로 하는 강도발현의 극대화를 위한 초고강도 콘크리트의 관리방법.

[청구항 7]

물, 시멘트, 실리카폼, 고로슬래그, 석고, 잔골재, 굵은 골재를 포함하는 배합재료를 가지고 20중량% 이하의 낮은 물-결합재비로 120MPa 이상의 압축강도로 배합설계되는 초고강도 콘크리트의 강도발현을 극대화하기 위한 방법으로서,
초고강도 콘크리트 배합에서 슬럼프 플로우를 $850 \pm 50\text{mm}$ 수준으로 배합설계하는 관리조건;
초고강도 콘크리트 배합에서 공기량을 1.0~2.0%로 배합설계하는 관리조건;
초고강도 콘크리트 비빔에서 먼저 굵은 골재와 실리카폼을 투입하여 20~40초 동안 건비빔한 후 다른 배합재료를 투입하여 비빔하는 관리조건;
초고강도 콘크리트 비빔에서 맨 나중에 물을 투입하여 150~200초간 비빔한 후 200~400초 동안 비빔을 멈추어 그대로 놓아두는 정치(定置)과정을 거친 다음 다시 150~200초 동안 비빔하는 관리조건;
초고강도 콘크리트를 무다짐 타설하는 관리조건;
초고강도 콘크리트를 타설한 후 14~28일 동안 습윤 양생한 다음 기건 양생하는 관리조건;
중에서 둘 이상의 관리조건을 선택하는 것을 특징으로 하는 강도발현의 극대화를 위한 초고강도 콘크리트의 관리방법.

[청구항 8]

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에서,
상기 초고강도 콘크리트는, 200MPa 이상의 극초고강도 콘크리트로 배합설계되는 것을 특징으로 하는 강도발현의 극대화를 위한 초고강도 콘크리트의 관리방법.