

오토클레이브 양생에 따른 콘크리트 마감재의 표면특성에 관한 연구

The Study on the Surface Properties of Concrete Tile According to the Autoclave Curing

최선미* 정지용* 정은혜* 곽은구** 김진만***
 Choi, Sun-Mi Jung, Ji-Yong Jung, Eun-Hye Kawg, Eun-Gu Kim, Jin-man

Abstract

The surface of concrete tiles is weak in moisture that it occurred efflorescence, but in the former study we found that it is possible to ensure moisture stability of concrete surface by autoclaving. So this study is to discuss the moisture stability and physical properties of high-strength glossy concrete according to time and temperature of autoclave curing.

As the results, by increasing time and temperature of autoclave curing, compressive strength and surface hardness increased and glossiness decreased. In the case to 3 hour and 180°C of autoclave curing, there is not efflorescences in moisture stability test.

키워드 : glossy, high-strength, efflorescence, concrete tile, autoclave, surface roughness, moisture stability

Keywords : 광택, 고강도, 백화, 콘크리트 타일, 오토클레이브, 표면 거칠기, 수분 안정성

1. 서론

고강도 광택 콘크리트라 함은 콘크리트구조물 자체가 마감재의 효과를 나타내는 것으로 콘크리트 노출면의 질감이 우수한 콘크리트를 말한다. 광택 콘크리트는 대리석 특유의 고급스런 질감을 표출할 수 있어 표면이 거칠어 별도의 마감재를 써야 하는 기존 콘크리트의 약점을 보완한 신제품이라 할 수 있다. 이러한 광택 콘크리트는 재료 및 배합의 조절로서 다양한 기능의 마감재로 적용이 가능하고, 재료들이 저가일 뿐만 아니라 경제적면에서 추가적인 다른 마감재를 필요로 하지 않기 때문에 경제적으로 유리할 뿐만 아니라 백색의 시멘트를 사용할 경우에는 안료의 첨가로 다양한 색상의 구현이 가능하고 추가적인 가공이 없이도 표면 무늬 및 질감 등의 표현이 용이하다.

그러나 이 광택콘크리트의 가장 큰 문제점은 표면의 수화반응 및 백화현상에 의해 시간의 경과에 따라 광택이 감소하고 표면 얼룩이 발생하여 건축물의 미관이 손상되는 것이다. 따라서 이 광택 콘크리트를 구조물 자체의 외장재로 사용하기 위해서는 수분에 대한 안정성의 검토가 불가피하다.

콘크리트 표면의 백화는 주로 콘크리트 내부에 미수화되어 남아있는 성분들이 내부로 침투한 수분의 증발에 따라 표면으로 이동하면서 침전되거나 혹은 그 미수화물들이 공기중의 이산화탄소와 반응하여 만들어낸 침전물이다. 그리하여 백화

의 원인인 콘크리트내부의 미수화물을 줄이기 위하여 수화반응 촉진을 위한 autoclave 양생을 실시해본 결과 그림 1에서 보이는 것과 같이 백화방지의 가능성을 확인할 수 있었다.

따라서 본 실험은 광택 콘크리트가 건축용 마감재로 보다 안정적인 성질을 가지기 위한 일련의 실험으로서 수분에 대한 콘크리트의 표면 안정성에 관한 데이터를 확보하기 위해 콘크리트 마감재의 표면에 autoclave 양생조건이 미치는 영향을 검토하였다.

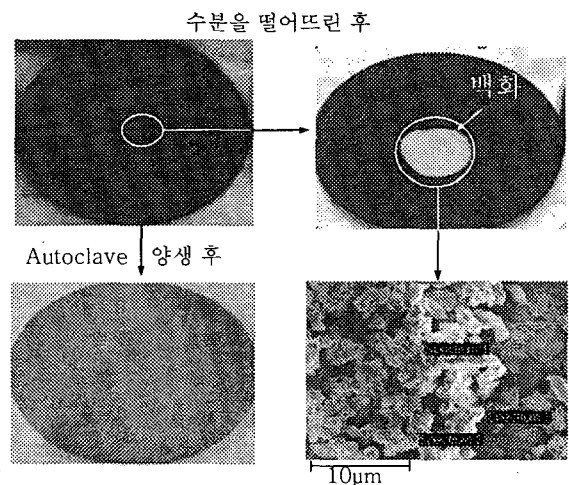


그림 1. Autoclave 양생 전 후의 육안 및 SEM 관찰

* 정희원, 공주대학교 일반대학원 건축공학과 석사과정
 ** 정희원, 공주대학교 자원재활용신소재연구센터 연구원
 *** 정희원, 공주대학교 건축공학과 교수·공학박사

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험 계획은 수화 정도에 따른 콘크리트의 수분 안정성을 검토하기 위하여 양생조건으로 20℃의 기건양생과 autoclave 양생을 각각 비교 실험하였다. 여기서 autoclave 양생은 다시 시간별, 온도별로 세분하여 실험을 하였다. 세부사항은 다음 표 1, 2의 실험 계획표 및 배합표에 준한다.

표 1. 실험 계획

구분	실험 요인	실험 수준		측정 항목
양생 방법	기건 양생	20℃		· 압축강도 · 표면경도 · 표면광택도 · 표면 거칠기 · 수분안정성
	오토 클레이브 양생	시간별 (양생 온도 150℃)	1시간	
			3시간	
		온도별 (양생 시간 3시간)	100℃	
180℃				

표 2. 실험 배합표

W/B(%)	단위수량 (kg/m ³)	용적(ℓ/m ³)			중량(kg/m ³)		SP제 (%)
		시멘트	세골재	합계	시멘트	세골재	
20%	219	359	421	1000	1095	1095	1.5

2.2 사용재료

본 연구의 사용 재료로 시멘트는 백색시멘트를, 세골재로써 충남 공주산 강모래를 사용하였다. 고성능 감수제는 폴리 카르본산계 SP제를 사용하였으며 본 실험에 사용된 재료들의 물리적 성질은 표 3, 4, 5에 각각 나타내었다.

표 3. 시멘트의 물리적 성질

구분	분말도 (Blain, cm/g)	비중	응결시간 (h:m)		압축강도(MPa)		
			초결	종결	3일	7일	28일
백색 시멘트	3,500	3.05	3:05	8:00	25.1	38.2	50.2

표 4. 강모래의 물리적 성질

최대치수 (mm)	절건 비중	표건 비중	흡수율 (%)	조립율	단위용적 중량 (kg/m ³)	실적율 (%)
5	2.55	2.58	1.19	3.3	1.575	63.4

표 5. 고성능 감수제의 물리적 성질

화학적 분류	형태	고형분 함량	점도 (25℃)	비중 (mg/l)	P H
폴리카르본산계 고성능 감수제	밝은 갈색 액상	40% 이상	1000cPs 이하	1.10-1.20	4.0-7.5

2.3 실험방법

1) 시험체 제작 방법

본 연구에 사용한 시험체의 조합은 고강도를 위해 물시멘트비는 20%, 골재 시멘트비는 질량비율로 1:1로 하였다. 단 고유동 콘크리트의 제작을 위한 목표 플로우 27±3cm를 얻기 위해 고성능 감수제를 시멘트질량 대비 1.5% 첨가하였다. 시험체 제작에서 강도 측정을 위한 시험체는 KS L 5105(수경성 시멘트 모르타의 압축강도 시험 방법)에 준하여 제작하였고, 표면특성 측정 시험체는 지름 84mm 높이 1cm의 플라스틱 계의 원형 거푸집을 사용하였으며, 수분안정성 측정을 위한 백화발생유무를 육안으로 쉽게 확인하기 위하여 시멘트에 2% 비율로 안료를 첨가하고, 성형은 진동다짐하였다. 성형직후 20℃의 실내온도에서 기건양생한 다음 소정의 재령에 도달한 시험체를 autoclave 양생하였다.

Autoclave 양생의 적용 방법은 그림 2에서 나타낸 것과 같이 1시간 동안 목표 온도로 승온한 후 1시간 또는 3시간동안 정온 시킨 후 자연냉각하였다.

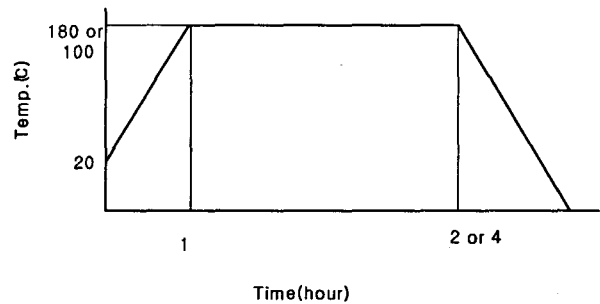


그림 2. Autoclave 양생 방법

2) 측정방법

본 연구의 측정방법으로 먼저 강도 측정은 KS L 5105 (수경성 시멘트 모르타의 압축강도 시험 방법), 광택도는 KS A 0069(거울면 광택도 측정 방법)을 이용하여 여러점을 측정하여 평균값을 이용하였으며 표면 경도는 KS B 0811(금속재료의 비커스 경도 시험 방법)에 의거하여 측정부분의 3개의 시험체를 각각 가로/세로를 2회 측정하여 평균값으로 나타내었다. 표면 거칠기도 또한 KS B 1061(표면 거칠기 정의 및 표시)에 준하여 3개의 시험체를 각각 가로/세로를 2회 측정하여 평균값으로서 산술 평균 거칠기 값(Ra, 평균조도)으로 표시하였다.

또한 수분 안정성 실험은 각 재령일에 양생방법별로 양생을 한 후, 시험체의 중앙에 수분을 한 방울 떨어뜨리고 24시간이 지난 후의 표면을 육안 및 SEM을 이용하여 백화의 발생여부를 관찰하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 Autoclave 양생 시간 및 온도에 따른 실험

1) 압축강도 및 표면 경도

그림 3은 autoclave 양생 시간 및 온도에 따른 압축강도 및 표면경도 값을 기건양생과 비교하여 나타낸 것이다. 압축강도 값을 살펴보면 기건양생 보다 autoclave 양생이 전반적으로 높은 강도를 보이고 있지만, 이러한 효과는 7일 이전의 초기 재령에서만 뚜렷하고, 재령 28일의 경우에는 상대적으로 미약한 것으로 나타났다. autoclave 양생 시간에 따라서는 양생 시간이 길수록 큰 강도값을 나타내었고, autoclave 양생 온도에 따라서 볼 경우 양생 온도가 높을수록 강도값이 더 크게 나타났다. 또한 180℃의 온도로 3시간 autoclave 양생을 하였을 경우에는 재령 28일의 경우 약 100MPa 정도로 인조대리석과 유사한 높은 강도를 나타내는 것을 볼 수 있었다.

표면경도값은 우선 기건양생만 실시하였을 경우보다는 autoclave 양생을 실시한 경우가 높은 경도값을 나타내었고 autoclave 양생 시간 및 온도에 따라서는 시간이 길수록 온도가 높을수록 경도값이 높게 나타나 압축강도와 유사한 경향을 보였다.

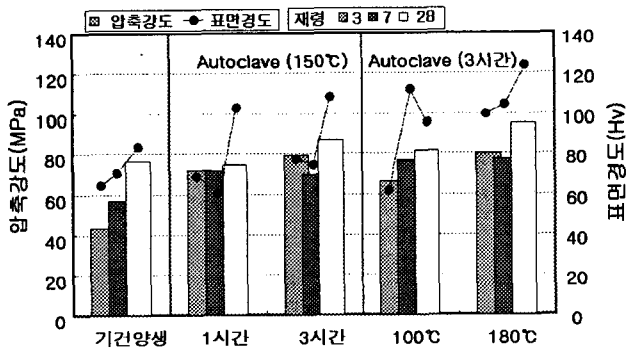


그림 3. Autoclave 양생 시간 및 온도에 따른 압축강도 및 표면경도

2) 표면 광택도 및 표면 거칠기

그림 4는 autoclave 양생 시간 및 온도에 따른 표면 광택도 및 표면 거칠기를 기건양생과 비교하여 나타낸 것이다. 표면 광택도는 기건양생만 실시하였을 경우보다는 autoclave 양생 후의 광택도값은 현저히 감소하였고 autoclave 양생 시간 및 온도에 따라 시간이 길어지고 온도가 높아질수록 광택도는 감소하는 경향을 보였다. 이것은 autoclave 양생을 실시하면서 autoclave 내의 증기가 콘크리트 마감재의 표면에 닿아 광택을 훼손시키는 것으로 사료된다.

표면거칠기는 그림4에서 보이는 것과 같이 기건양생의 경우보다 autoclave 양생을 실시한 경우 표면이 현저히 거칠어지는 것을 볼 수 있다. autoclave 양생 방법 별로 살펴보면 autoclave의 경우 시간이 지날수록, 온도가 높을수록 표면 거칠기 값이 높게 나와서 autoclave 양생이 시험체의 표면을 거칠게 하는 것을 알 수 있다.

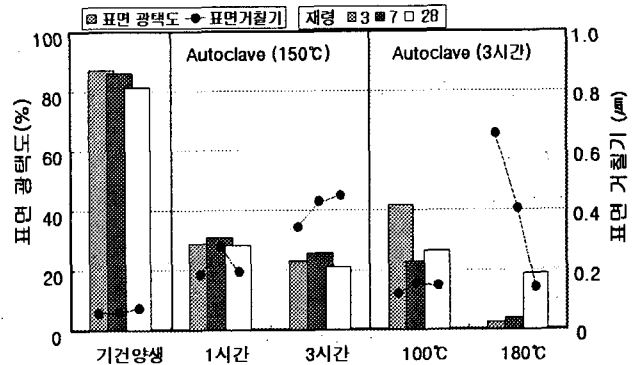


그림 4. Autoclave 양생 시간 및 온도에 따른 표면 광택도 및 표면 거칠기

그림 5는 고강도 광택 콘크리트 마감재를 타마감재들의 광택도와 비교하여 나타낸 것으로 고강도 콘크리트의 광택도가 기타 건축용 마감재의 광택도보다 현저히 높은 걸 알 수 있다. Autoclave 양생 후에도 양생 전 보다는 광택도가 감소하더라도 타 마감재와 비교하였을 경우 유사한 광택도값을 나타내 마감재로 충분히 적용이 가능할 것이라 사료된다.

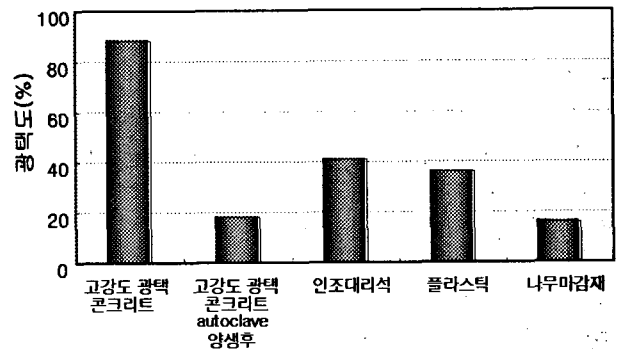


그림 5. 마감재 종류별 표면 광택도 비교

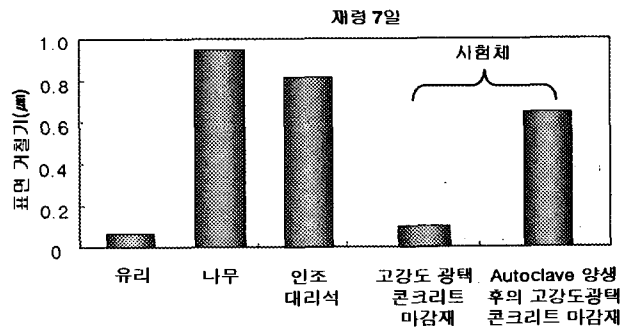


그림 6. 마감재 종류별 표면 거칠기 비교

그림 6은 고강도 광택 콘크리트 마감재를 타 마감재들의 표면거칠기와 비교한 것이다. 그래프를 보면 유리가 마감재 중에서는 거칠기가 가장 낮은 것을 볼 수 있다. 그러나 광택 콘크리트도 다른 마감재들과는 달리 유리와 거의 비슷한 표면을 갖는 것을 볼 수 있어 다른 마감재들보다 표면 거칠기에 있어서 훨씬 우수한 것을 알 수 있다. 또한 autoclave 양생

을 실시한 경우에도 실시하기 전보다는 표면이 거칠어지긴 하지만 타 마감재와 비교하였을 경우 양호한 표면 거칠기를 가지는 것을 알 수 있다.

3) 수분안정성

수분안정성을 백화발생여부로서 살펴보면 표 6과 같이 기건양생의 경우에는 재령에 상관없이 모두 백화가 발생하였다. 백화 발생 여부는 재령일과 autoclave 양생의 시간 및 온도에 크게 영향을 받는 것으로 나타났다. 표 6에서 보이는 것과 같이 autoclave 양생 시간별로는 3시간일 경우 재령 7일 이후에 백화가 발생하지 않았고, autoclave 양생 온도별로는 180℃일 경우 재령 3일부터 백화가 발생하지 않는 것으로 나타났다.

표 6. Autoclave 양생 시간 및 온도에 따른 백화발생 여부

재령	방법	기건양생	Autoclave 150℃		Autoclave 3시간	
			1시간	3시간	100℃	180℃
3		○	○	○	○	△
7		○	○	X	○	△
28		○	○	△	○	X

* ○ : 백화발생, △ : 백화는 발생하지 않고 얼룩만 짐, X : 백화가 발생하지 않음

4. 결 론

본 연구에서는 콘크리트를 마감재로 적용하기 위해 autoclave 양생을 시간 및 온도에 따라 실시하여 물리적 특성 및 수분안정성에 관해 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 본 실험에서 사용한 시험체는 고강도 콘크리트로서 재령 28일 이후의 경우 70MPa 이상의 강도를 나타냈고, autoclave 양생의 경우 180℃의 온도로 3시간 양생할 경우에는 약100MPa의 초고강도를 나타내었다. 표면경도의 경우도 기건양생만 실시하였을 경우보다는 autoclave 양생을 실시한 경우가 현저히 높은 경도값을 나타내었고 autoclave 양생 시간 및 온도에 따라서는 시간이 길수록 온도가 높을수록 경도값이 높게 나타났다.
- 2) 표면 광택도는 기건양생 후 80% 이상의 고광택을 나타내었고 autoclave 양생 후에도 타 마감재와 유사한 광택도를 나타내었으며, 표면거칠기 역시 autoclave 양생 후에 거친 표면을 나타내었으나 타 마감재와 비교하였을 경우 양호한 거칠기를 보이기 때문에 autoclave 양생 후에도 마감재로 충분히 적용 가능한 광택도를 가지는 것으로 나타났다.
- 3) 수분 안정성 실험(백화 발생유무)에서의 결과를 살펴보면 기건양생의 경우 모든 재령에서 백화가 발생한 반면 autoclave 양생이 고온일수록 autoclave 양생 시간이 길수록 백화가 적게 일어나는걸 알 수 있다.
- 4) 종합적으로 콘크리트의 마감재로 사용하려면 수분에 의한 표면 안정성 확보는 매우 중요하다. 본 연구 결과

autoclave의 고온 양생에 의해 표면 안정성 확보가 가능함을 확인하였지만, autoclave 양생은 광택도를 감소시키고 표면을 거칠게 하는 결과를 나타내므로 콘크리트 마감재로 사용하려면 앞으로 좀 더 구체적인 상호 보완을 위한 연구가 필요할 것이다.

참 고 문 헌

1. KSA 한국표준협회, KS 핸드북, 2002
2. 한국콘크리트학회, 최신콘크리트공학, 1999
3. 한천구, 전충근, 배합요인에 따른 제치장 콘크리트의 표면 광택 특성, 대한건축학회논문집 17권 11호(통권157), 2001. 11, pp 83-88.
4. 김진만 외, 콘크리트 마감재의 표면 안정성에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 학회발표논문집 24권 2호, 2004. 10, pp 387-390.
5. 김진만 외, 표면 안정성, 형광성 및 다양한 색상을 지닌 기능성 콘크리트 마감재의 제조법 및 그 제품, 2004. 31. 특허출원