

색조분석을 이용한 화재 피해 콘크리트의 건전도 평가

Assessment of fire damaged concrete using colour image analysis

이 중 원* 최 광 호** 홍 갑 표***
Lee, Joong Won Choi, Kwang Ho Hong, Kap Pyo

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the relation between color change and residual compressive strength in concrete exposed to high temperature. In order to study the color image analysis, the specimens have been tested with variables of concrete strengths(20Mpa, 40Mpa, 60Mpa) in transient heating conditions(800℃ heating and 4 hour preservation).

The results show that the residual strength of specimens are coincident with the full development of the pink/red color and the method may be used to define the distance from a heated surface where strength degradation has occurred.

1. 서 론

철근콘크리트 구조가 화재와 같이 고온에 노출된 경우에는 콘크리트 압축강도 및 탄성계수, 철근의 항복강도 등 재료특성의 저감과 함께 색상의 변화가 발생된다. 따라서 화재 후에 구조물의 해체, 보수 보강 등을 결정하기 위해 구조물의 건전도 평가가 필수적이며, 이를 위해 육안조사를 통해, 균열양상, 폭렬, 색상변화 등을 관찰하고 비파괴방법 등을 이용하여 콘크리트의 열화정도를 정량적으로 평가하는 것이 매우 중요하다.

고온에 노출된 콘크리트는 수열온도에 따라 색상의 변화를 경험하는데 일반적으로 300℃에서 600℃에서는 핑크나 빨강색, 600℃에서 900℃는 회색(whitish grey), 900℃에서 1000℃는 담황색(buff)으로 변한다고 알려져 있으며, 또한 콘크리트의 색깔변화는 강도손실과 잘 일치하여 색상변화의 관찰로 콘크리트 강도 손실을 예측할 수 있다.

본 연구의 목적은 화재 피해를 입은 콘크리트 구조물의 건전도 평가를 위해 고온에 노출된 콘크리트에 색조분석을 수행하여 수열온도에 따른 콘크리트 시편의 색깔변화를 분석하고 콘크리트 압축강도 저감과의 상관관계를 규명하여, 화재 피해 구조물의 손상도 평가를 위한 기초 자료로 활용하고자 한다.

2. 시험개요

2.1 시험체 계획

-
- *정회원, 안산공과대학 건축과 조교수
 - **정회원, 남서울대학교 건축학과 부교수
 - ***정회원, 연세대학교 건축공학과 교수

이 연구에 사용된 시험체는, $\Phi 100 \times 200$ 콘크리트 공시체를 KS F 2405에 따라 제작하여 일면 가열 조건으로 전기로에서 가열한 후, 2cm각으로 절편화시켜 공시체 깊이별로 색조변화와 활렬인장강도법에 따른 압축강도를 고찰한다.

본 실험은 일반강도와 고강도 영역의 콘크리트를 대상으로 화재 시 콘크리트의 손상깊이 추정을 위해 콘크리트 강도를 20, 40, 60MPa의 3가지 종류로 구분하여 배합을 계획하였다. 또한 모든 배합의 목표 슬럼프는 15cm로 정하고(단 60MPa는 65cm으로 설정), 목표 공기량은 4.5%(오차범위는 1.5%)를 목표로 하여 배합하였다.

2.2 가열방법

본 연구의 시험을 위하여 사진 1과 같은 전기로를 제작한다. 전기로 사양으로, 내부 치수를 1300×900×800mm로 하고, 두께 100mm의 세라믹 판에 열선을 배선한다. 1면 수열조건을 위해 전기로 상부 두께에 6개의 구멍을 뚫어 공시체를 설치하여 가열할 수 있게 한다. 전기로 내부의 온도조건을 일정하게 하기위해 3개의 온도조절기를 설치하고, 용량은 1시간에 1000℃ 가열을 위해 60kw로 한다.

가열은 전기로 특성 상 표준 내화곡선을 구현하지 못하고, 그림 2와 같이 800℃까지 선형증가 시키고 이 후 4시간 그 온도를 지속시켜 과도상태(transient heating) 가열조건을 모사한다.

2.3 색조분석방법

콘크리트의 변색상황을 측정하기 위해 그림 1과 같이 $L^*a^*b^*$ 표색계를 기초로 하여 L^* 는 명도(Lightness), C^* 는 채도(Chroma)를 표시하고 있고 C^* 의 값이 증가하면 표색계 원의 외측에 위치하므로 색감이 증가하고 반대로 감소할 때는 원의 중심축에 위치하여 무채색이 된다. h 는 색상각도(Hue angle)을 표시하고 있고 a^* 의 빨강색 방향의 축을 0° 하며 반시계방향의 색상에 대해 이동한 각도에 따라 색의 위치를 알게 된다.

가열된 공시체의 색조분석을 위해 일본 MINOLTA사 색조분석기(Spectrophotometer, CM-2500d)를 사용하여 공시체의 색상, 명도, 채도의 변화를 측정한다.

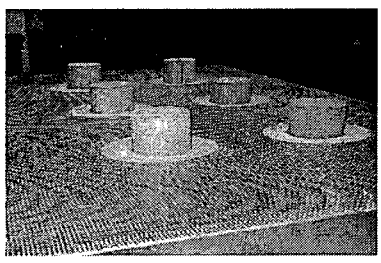


사진 1 1면가열 전기로

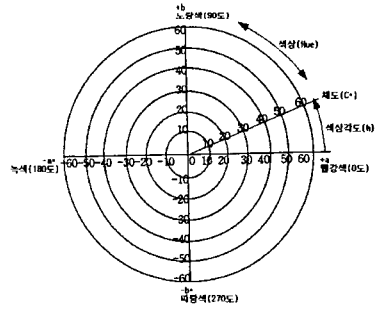


그림 1 $L^*a^*b^*$ 표색계의 색도도

3. 실험 결과 및 분석

3.1 균열 및 변색 양상

사진 2는 대상 공시체의 가열 후 발생한 균열형태 및 변색상황을 나타낸다. 표면균열은 20MPa에서 60MPa로 고강도로 갈수록 균열의 크기 및 수가 증가되는 경향을 나타내고 있어 조직이 치밀한 고강도일수록 가열 중 수분의 증발로 인한 내부 공극압의 증가로 균열이 활발히 전개됨을 알 수 있었다.

또한 모든 공시체에서 표면이 변색되어 핑크 색을 띄고 있었으며 60MPa에서 20MPa 갈수록 그 색상변화가 분명하게 나타났다.

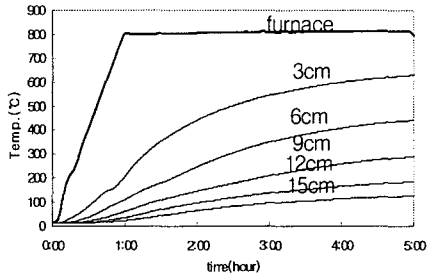


그림 2 가열곡선 및 공시체 내부온도분포

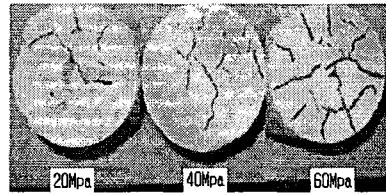


사진 2 공시체 가열면 균열 및 변색상황

3.2 공시체별 명도, 채도, 색상변화 비교

강도변화에 따라 공시체 깊이별로 명도, 채도, 색상의 변화 값을 비교하였으며 그 결과는 그림 3과 같다. 공시체 깊이에 따라 명도는 가열 면에서 부터 4cm까지 감소하다가 그 이후로는 증가 되는 값을 나타내고 있으며, 채도와 색상은 깊이가 깊어짐에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 또한 강도별로는 20Mpa는 채도의 변화가 다른 강도에 비해 큰 값을 나타내며, 명도 및 색상은 60Mpa에서 큰 변화값을 보이고 있었다.

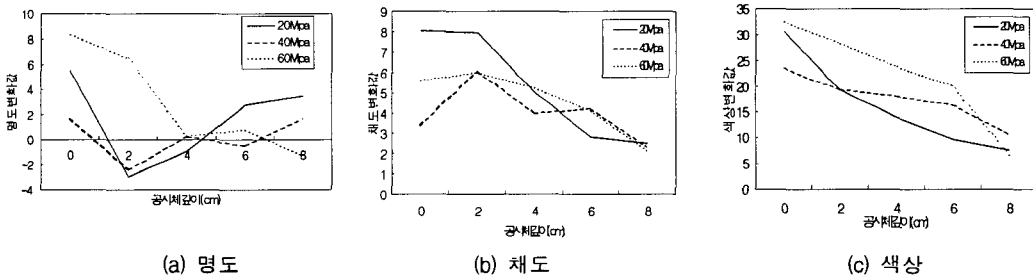


그림 3 공시체 깊이별 명도, 채도, 색상의 변화

3.3 공시체별 L*a*b*표색계 색상 좌표값의 비교

공시체 강도별로 색상의 변화를 L*a*b*표색계 좌표값으로 표현하여 나타내면 그림 4와 같다. 공시체 깊이가 가열 면에 가까울수록 색상의 변화는 모든 공시체가 빨강색, 즉 +a축으로 근접함을 할 수 있고, 또한 가열 면에서 색상각도는 20Mpa에서 67도, 40Mpa에서 78도, 60Mpa에서 81도를 나타내고 있어, 육안관찰 시와 같이 20Mpa의 가열 면이 색상의 변화가 가장 빨강색에 근접함을 알 수 있었다.

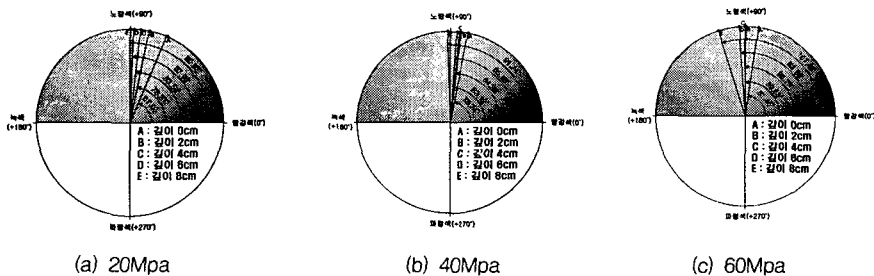


그림 4 공시체별 L*a*b*표색계 좌표값의 변화

3.4 색상변화와 콘크리트 잔존강도 관계 비교

색상변화에 따른 공시체 깊이별 잔존강도를 콘크리트 강도별로 비교하였으며 그 결과는 그림 5와 같다. 20Mpa 경우 가열 면에서부터 4cm까지 색상 값의 감소가 두드러지며 그에 따라 잔존압축강도비는 10%이하를 나타내고 있으며 색상 값의 변화가 완만해지면서 잔존강도 비는 다시 커져 최대 0.35값을 나타내고 있었다. 40Mpa와 60Mpa는 색상 값의 감소에 따라 잔존강도비가 최대 0.7~0.8의 값을 가지면서 공시체 깊이가 깊어질수록 증가하는 경향을 나타냈다.

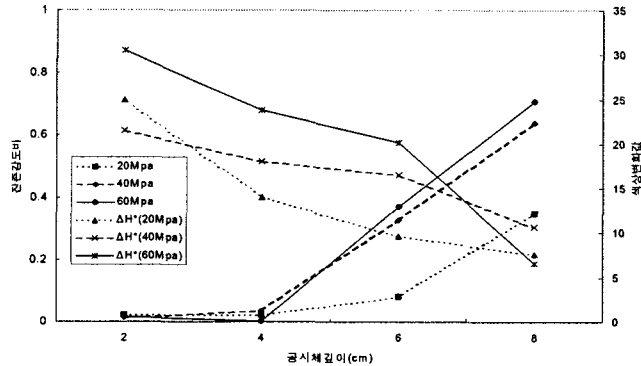


그림 5 색상변화에 따른 잔존강도

4. 결 론

본 연구에서는 콘크리트 강도를 변수로 한 콘크리트 공시체를 대상으로 과도상태 가열조건으로 공시체를 1면 가열 한 후 2cm각으로 절편화시켜, 공시체 깊이 별 색조분석과 할렬인장강도법에 의한 압축강도를 추정한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 공시체별로 20Mpa에서 고강도 60Mpa로 갈수록 수분증발에 의한 내부 공극압의 증가로 가열면의 균열의 크기 및 갯수가 많아지는 경향을 나타냈고, 색상의 변화는 20Mpa에서 핑크색이 분명해지는 경향을 나타냈다.

2) 색조분석기에 의한 색조분석 결과 공시체 깊이별에 따라 채도 및 색상의 값은 일정하게 저감되는 경향을 나타냈고, 특히 색상의 변화는 L*a*b*표색계 색상 좌표에서 가열 면에 가까울수록 빨강색으로 접근하는 경향을 나타냈다.

3) 색상의 변화는 압축강도의 잔존강도비의 변화와 잘 일치하고 있어, 색상의 정량적 변화 값을 측정하여 수열 콘크리트의 압축강도의 손실을 평가할 수 있다.

감사의 글

이 연구는 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원(과제번호: D00690)과 2004학년도 안산공과대학 학술연구비에 의하여 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Nabi Yuzer의 2인, "Compressive strength-color change relation in mortars at high temperature.", Magazine of concrete research, 2004.1.
2. Konica Minolta, "Precise color communication", 1998.