

# 150MPa급 초고강도 노출콘크리트의 현장적용에 관한 연구

## A Study on Field Application of 150MPa Ultra Strength Surface-Exposed Concrete

공 태 웅\*  
Kong, Tae Woong

이 수 형\*  
Lee, Soo Hyung

장 재 환\*  
Jang, Jae Hwan

이 한 백\*\*  
Lee, Han Baek

### ABSTRACT

In this paper, we are presenting a case that integrates ultra high strength concrete(150MPa) with surface-exposed concrete. Ahead of the field application, we carried out laboratory experiment and B/P Test for a basic property of concrete(slump flow, air content, 50cm flow time, elapse time change and compression strength) and productivity. The next, we conducted Mock-up Test using simulation specimen to evaluate infilling, surface-finishing and hydration heat of concrete.

We had satisfactory results for a basic property and hydration heat of concrete. However at the time of field application, it was occurred rupture of formwork because of high lateral pressure of concrete, and then formwork was reinforced and case-in-place time was adjusted. And regardless of low and high frequency vibration, it occurred to surface-pockmark.

In case that applies ultra high strength concrete to surface-exposed concrete, we estimate that it is important of systematic management and improvement of construction.

### 요 약

본 연구에서는 선일공업(주)의 축적된 기술력을 바탕으로 초고강도(150MPa급) 콘크리트를 당사 기술 연구소 신축시 노출콘크리트에 적용함으로써, 이에 대한 사례를 소개하고자 한다. 현장적용에 앞서 실내시험 및 레미콘 배치플랜트 실험(이하 B/P Test)을 통해 콘크리트의 기초물성(슬럼프플로우, 공기량, 50cm도달시간, 경시변화, 압축강도) 및 생산성을 평가하였으며, 다음으로 실구조물과 동일한 벽체두께·거푸집종류·노출콘크리트용 콘 등을 고려하여 제작한 모의부재를 대상으로 Mock-up Test를 실시하여 충전성, 표면마감성(육안관찰) 및 수화열을 평가하였다.

그 결과 슬럼프플로우, 공기량, 50cm도달시간, 경시변화 및 압축강도는 요구조건에 만족한 결과를 보였으며, 수화열 예측결과는 온도균열지수 0.78로 유해한 균열발생을 제한할 지수를 나타냈다. 현장타설시 초고강도 콘크리트의 높은 단위용적중량으로 인해 거푸집 터짐현상이 발생하였기 때문에, 재타설시에는 재발방지를 위해 거푸집을 보강하고 타설시간을 조정하였다. 또한 노출표면의 극대화를 위해 저주파(1차) 및 고주파(2차)로 2회에 걸쳐 진동다짐을 실시하였지만 표면곰보가 발생하였다. 따라서 향후 초고강도 콘크리트를 노출콘크리트에 적용할 경우, 다양한 변수조건에 대한 체계적인 시공관리계획 및 시공방법개선이 중요할 것으로 판단된다.

\*정회원, 선일공업(주)기술연구소 선임연구원

\*\*정회원, 선일공업(주)기술연구소 연구소장

## 1. 서 론

노출콘크리트란 콘크리트타설 후 거푸집을 해체한 상태에서 외부 마감작업을 하지 않고 그 자체를 노출시켜 콘크리트 고유의 색상 및 질감을 그대로 살려 마감하는 형태의 콘크리트로서, 거푸집의 종류 및 재료특성에 따라 다양한 마감품질과 표면형태를 나타낼 수 있어 일반 주택뿐만 아니라 교회, 관공서 등 그 적용사례가 지속적으로 증가하고 있는 추세이다. 또한 건축물의 고층화, 매스화 및 대형화가 되면서 초고강도콘크리트에 관심이 집중되고 있으며 그에 따른 연구개발도 활발히 진행되고 있지만 아직까지 노출콘크리트에 초고강도 콘크리트를 접목시킨 예는 미미한 실정이다.

본 연구에서 적용한 구조물의 경우, 벽체조형물이 H형상을 하고 있어 콘크리트 타설 후의 다짐작업이 불가능한 부분이 존재하여 자체 충전성에 의해서 구석까지 채워줄 수 있는 고유동성의 노출콘크리트 공법이 필요할 것으로 판단되었다. 따라서 주로 일반강도(18~30MPa)에 적용하고 있는 노출콘크리트에 초고강도 콘크리트를 적용함으로써, 그에 따른 품질특성 및 주의사항을 파악하여 향후 초고강도 노출콘크리트 시공시 기초 자료를 제시하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1. 실험계획

현장적용에 앞서 실내실험을 통한 최적배합을 도출한 후, B/P Test을 통해 콘크리트의 기초물성(슬럼프플로우, 공기량, 50cm도달시간, 경시변화, 압축강도) 및 생산성을 평가하였다. 다음으로 실구조물과 동일한 벽면두께 · 거푸집종류 · 노출콘크리트용 보강재 등을 고려하여 제작한 모의부재를 대상으로 Mock-up Test를 실시하여 충전성, 표면마감성(육안관찰) 및 수화열을 평가한 후 실구조물에 적용하였다.

### 2.2. 사용재료

본 연구에 사용한 노출콘크리트의 재료로서 시멘트는 A사 Pre-Mixed Type Cement, 굵은골재는 헤미산 13mm, 잔골재는 태안 세척사를 사용하였으며, 화학혼화제는 B사 초고강도용 폴리카르본산계 혼화제와 수축저감제를 사용하였다. 모의부재 및 실구조물 타설시 사용한 거푸집은 콘크리트의 광택효과를 나타내기 위해 코팅합판재질을 사용하였다.

### 2.3. 실험방법

본 연구의 실험방법으로는 슬럼프플로우, 공기량, 50cm도달시간, 경시변화 및 압축강도를 측정하였다. 특히 노출콘크리트 타설시 수화열, 충전성, 표면마감성(육안평가) 및 균열발생정도를 확인하기 위해 T형 거푸집을 제작하여 Mock-up Test를 실시하였으며, 실구조물 타설시 측압을 고려하여 3층으로 나누어 실시하되 실내측에는 앵커형 보강재로 고정시킨 후 타설하였다.

## 3. 실험결과

### 3.1. 실내실험 및 B/P Test

실험결과 그림1~그림3과 같이 슬럼프플로우는 최초 740×750mm에서 30분경시후 710×720mm으로 목표치인 700±50mm를 만족하였으며, 공기량은 최초 1.7%에서 30분경시후 1.5%로 목표치인 1.5±0.3%를 만족하였다. 50cm도달시간의 경우, 40~60MPa의 고강도 콘크리트에서 일반적으로 적용하고 있는 8.0초를 기준으로 최초 7.53초에서 30분경시후 11.78초로 목표치에 만족한 결과를 나타내었다. 그림4는 재령에 따른 압축강도 결과이다.

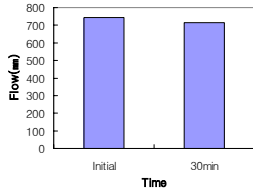


그림 1 슬럼프플로우

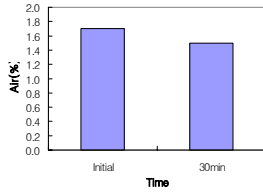


그림 2 공기량

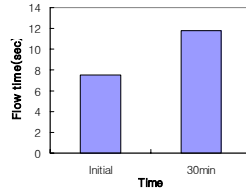


그림 3 50cm도달시간

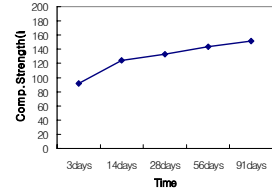


그림 4 압축강도

### 3.2. Mock-up Test

실내실험 및 B/P Test를 통해 도출된 실험결과를 근거로 Mock-up Test를 실시하였다. 거푸집의 형태는 그림5와 같이 조인트부분의 채움 및 균열발생정도 확인하기 위해 T형을 선택하였으며, 표면광택효과를 위해 코팅합판재질을 사용하여 제작하였다. 콘크리트 타설일로부터 7일 경과후에 거푸집을 해체하여 노출표면을 육안관찰한 결과, 그림6과 같이 표면광택효과는 양호하였으며, 조인트부분의 균열도 전혀 발생하지 않았다. 표면일부에서는 비교적 작은 물기포자국이 발견되었는데, 이는 콘크리트 내부의 공기포 및 수분이 거푸집의 코팅면을 통과해 밖으로 방출되지 못함으로써 발생한 현상이라 판단된다. 따라서 실구조물 타설시 표면곰보 현상에 대한 대비가 필요함을 확인할 수 있었다.

그림7은 총 6곳에 온도센서를 장착하여 측정한 수화열 측정결과로써, 수화열은 타설후 70시간이 지나 상승하기 시작하여 80시간이 경과한 시점에서 최대온도인 73.7℃를 나타내었다.



그림 5 T형 거푸집(Mock-up Test)



그림 6 모의부재(거푸집 해체 후)

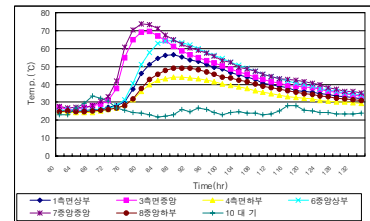


그림 7 수화열 측정결과(Mock-up)

## 4. 현장적용

### 4.1. 공사개요

선일공업(주)기술연구소는 2층 복합구조(강구조+전면노출콘크리트)로 총면적은 340㎡인 건물로써 그림8과 같으며, 150MPa 노출콘크리트가 타설된 곳은 2층 전면부분이다.

### 4.2. 거푸집 보강 및 타설 방법

1차 타설시 10m<sup>3</sup>/hr의 속도로 타설한 결과, 거푸집이 콘크리트의 측압을 견디지 못하고 그림9와 같이 거푸집 터짐현상이 발생하였다. 2차 타설시에는 그림10과 같이 거푸집에 발생하는 횡압력을 분산시키고 지지력을 강화하기 위해 거푸집에 앵커형 보강재를 설치하였으며, 4m<sup>3</sup>/hr의 타설속도로 작업을 진행하였다. 또한 그림11과 같이 다짐 및 충전성을 높이기 위해 3개 구획으로 나누어 타설하였으며, 공기포를 제거하고 표면곰보(물곰보)를 최소화하기 위해 저주파(1차), 고주파(2차)를 이용해 진동다짐을 실시하였다.

#### 4.3. 수화열 측정

그림12와 같이 2층 좌측부분 3곳에 온도센서를 장착하여 수화열을 측정하였다. 수화열 계측결과, 그림13의 수화열 그래프와 같이 타설 후 24시간이 지난 후 수화열이 발생하기 시작하여 40시간 후 수화열이 최고점에 도달하였으며 최고온도 65.8℃에서의 내·외부 온도차가 약19.2℃를 나타내었다. 온도균열지수 계산결과 0.78정도로 유해한 균열발생을 제한할 지수로 평가되어 균열저항성은 상당히 우수한 것으로 나타났다.



그림 8 완공사진



그림 9 거푸집이 터짐현상



그림 10 거푸집 보강



그림 11 타설 및 진동다짐

#### 4.4. 거푸집 해체

거푸집의 해체는 내·외부 온도차가 작고 온도하강곡선이 완만한 시점인 4일 경과 후 실시하였으며, 거푸집 해체 모습은 그림14와 같다.



그림 12 콘크리트 타설

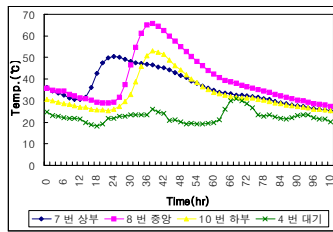


그림 13 수화열 계측결과(실구조물)



그림 14 거푸집 해체

### 5. 결 론

- 1) 콘크리트의 기본물성인 슬럼프플로우, 공기량, 50cm도달시간, 경시변화 및 압축강도는 요구조건에 만족한 결과를 보였으며, 수화열 계측결과 실구조물에서 온도균열지수가 0.78로써 유해한 균열발생을 제한할 지수로 평가되었다.
- 2) 초고강도 콘크리트의 경우 타설시 높은 단위용적중량으로 인해 측압이 발생하여 거푸집 터짐현상을 유발할 수 있기 때문에, 타설속도 및 거푸집 보강을 고려한 시공관리가 필요할 것이라 판단된다.
- 3) 물기포 발생방지를 위해 저주파(1차) 및 고주파(2차)로 진동다짐을 실시했음에도 불구하고 벽체 일부에 표면곰보(물곰보)현상이 발생하였다. 그 크기와 개수는 미미하였지만, 향후 초고강도 노출콘크리트 적용시 표면마감성 향상을 위한 시공방법개선을 통해 표면곰보현상에 방지대책수립이 필요할 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

1. 이회근, 손유신, 박찬규, 이승훈, “설계강도 150MPa초고강도 콘크리트 개발”, 한국콘크리트학회 봄학술 발표회 논문집Ⅱ, pp.29~32, 2006.
2. 두산건설(주)기술연구소, 고품질/광택 노출콘크리트의 설계 및 시공, p35, 1999.06
3. 日本建築學會, 建築工事 標準仕様書・同解説 JASS 5 鐵筋コンクリート工事, 日本建築學會 1997. 01