# 현장적용 초유동 콘크리트의 펌프압송 전후 단위수량 변화 특성

# Properties of Water Content Variances in Ultra High Flowing Concrete Before and After the Pumping Operation

김 경 민* 유 재 강* 신 홍 철* 최 종 원**
Kim, Kyoung Min Yoo, Jae Kang Shin, Hong Cheol Choi, Jong Won

ABSTRACT

This study is the part of the investigation of the state of the art in ultra high flowing concrete (UHFC), applied in practical field construction, in order to develop the technology for improving workability. This paper includes a brief introduction of water content variance properties in UHFC before and after the pumping operation. Test showed that water content in all parameters decreased after the pumping. This is due to the increase of an absorption ratio of coarse aggregate by the pressure of the pumping operation, thus decreasing the water content. Therefore it should be considered to find out the possibility, which can improve the workability, suffering from over viscosity by the lower water content, in field construction.

## 1. 서 론

현재 건축 구조물은 초고층화·대형화를 꾀하며 콘크리트도 이에 부응하여 고강도화가 국내외적으로 꾸준히 진행되어져 오고 있으며, 이와 함께 시공성능 향상을 위한 콘크리트의 초유동화는 원활한 현장 적용을 위한 필수요건이 되고 있다.

그러나, 최근의 고강도·초유동 콘크리트는 낮은 물-결합재비와 많은 결합재량으로 설계되기 때문에 높은 점성을 갖는게 특징이다.

이러한 높은 점성의 초유동 콘크리트는 실제 현장 적용시 제조 및 생산성, 펌프 압송성, 거푸집 측압 등 여러 가지 문제가 발생되어지는데, 특히, 과도한 점성의 콘크리트는 펌핑 압송성능 저하로 이어져 펌핑관 폐색, 펌핑 후 유동성 저하 등의 문제를 유발시켜 현장 시공효율을 현저히 저하시키는 원인이 되고 있다.

따라서 본 연구에서는 실제 현장에 사용되는 초유동 콘크리트의 현황 문제점을 파악 할 목적으로 펌프압송 전·후의 다양한 항목을 평가 하였는데, 본 고에서는 단위수량 변화 특성을 중점적으로 소개하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획

* 정회원, (주)대우건설 기술연구원 건축연구팀 전임연구원
** 정회원, (주)대우건설 부산 센텀 리더스마크 현장 소장

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 즉, 콘크리트는 50 MPa 이며, 목표 슬럼프플로 600±100 ㎜인 초유동 콘크리트를 대상으로 하였다. 실험사항은 표 1과 같고 콘크리트의 배합은 표 2, 그리고 현장개요는 사진 1 및 표 3과 같다.

표 1. 실험계획

| | | |
|---|---|---|
| 실험요인 | 호칭강도 (MPa) | 50 |
| | 목표 슬럼프플로 (㎜) | 600±100 |
| 실험사항 | 굳지않은 콘크리트 | · 슬럼프<br>· 슬럼프플로<br>· 공기량<br>· 단위용적질량<br>· 단위수량<br>· 굵은골재 흡수율<br>· U-BOX 충전<br>· O-LOT 유하시간<br>· 50㎝ 도달시간 |
| | 경화 콘크리트 | · 압축강도 (3, 7, 28일) |

※ 모든 실험은 펌프압송 전·후를 대상으로 3회 실시함.

## 2.2 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 보통 포틀랜드시멘트 (비중 3.15, 분말도 3,220 $cm^2/g$)를 사용하였고, 잔골재는 부순모래와 강모래를 4:6(중량비)으로 혼합하여 사용하였는데, 강모래는 비중 2.59, 조립률 1.86인 경남 창녕군 현창산을, 부순모래는 비중 2.59, 조립률 3.40를 사용하였다. 굵은골재는 경남 진해시 용원산 25 ㎜ 부순 굵은골재 (비중 2.61, 조립률 6.89)를 사용하였고, 혼화재료로 고성능감수제는 국내산 E사의 폴리칼본산계를, 플라이애시는 보령산을 사용하였다.

표 2. 콘크리트의 배합사항

| W/B (%) | W (kg/m³) | S/a (%) | SP/C (%) | 절대용적배합 ($\ell/m^3$) | | | | | 질량배합 ($kg/m^3$) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | C | FA | S1 | S2 | G | C | FA | S1 | S2 | G |
| 30 | 155 | 43 | 1.25 | 148 | 24 | 112 | 168 | 373 | 465 | 52 | 291 | 437 | 973 |

※ S1 : 부순모래, S2 : 강모래

## 2.3. 실험방법

본 연구의 실험방법으로서 유동특성은 슬럼프와 슬럼프플로를 측정하였으며, 단위수량, 공기량, 단위용적질량 측정은 사진 3과 같이, 일본 M사의 단위수량 측정기를 이용하였고, 굵은골재 흡수율 시험은 KS F 2503에 따라 실시하였다. 유동성 실험은 U-BOX 충전시험, O-LOT 유하시간 측정 및 50㎝ 도달시간을 측정하였다. 경화 콘크리트의 실험으로서 압축강도 실험은 KS F 2405의 규정에 의거 실시하였다.

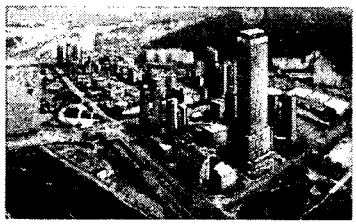

사진 1. 현장 조감도

표 3. 현장 조감도 및 개요

| 구분 | 개 요 |
|---|---|
| 공사명 | 부산 센텀 리더스 마크 |
| 대지위치 | 부산 해운대구 우동 센텀시티 지구 |
| 용도 | 업무시설(오피스텔) |
| 규모 | 지하 5층, 지상 43층 |
| 시공사 | (주)대우건설 |

사진 2. 펌프압송 후 타설모습

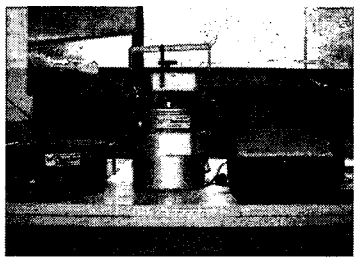

사진 3. 단위수량 측정모습

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

그림 1은 펌프압송 전후의 슬럼프 및 슬럼프플로 결과를 나타낸 것이다. 슬럼프 및 슬럼프플로 모두 펌핑 후 유동성이 저하하는 것으로 나타났는데, 특히 슬럼프플로의 경우 압송전에는 600±100 ㎜의 목표

범위를 모두 만족하였으나, 펌프압송 후에는 350~450 ㎜ 범위로써 약 33% 정도 저하하는 것으로 나타났다.

그림 2는 펌프압송 전후의 공기량 및 단위용적질량 결과를 나타낸 것이다. 전반적으로 펌프압송 전 공기량의 경우 약 2.5% 전후를 나타내었는데, 고강도 콘크리트인 경우 내구성에 큰 영향을 미치지 않기 때문에 현장에서의 공기량 확보에 대한 관리는 하지 않았으며, 펌프압송 후에는 약 1% 정도 저하하는 약 1.5% 전후인 것으로 나타났다. 단위용적질량의 경우는 공기량과 반대의 경향을 나타내었다.

그림 3은 펌프압송 전후의 단위수량 및 굵은골재 흡수율 시험 결과를 나타낸 것이다. 먼저 단위수량의 경우 펌프압송 전 결과에서는 실제 배합에 사용된 단위수량과 다소 차이는 발생하였으나 시험장치의 실험오차 범위인 5~10% 이내에서 측정 됨으로써 펌프압송 전후의 상대적인 검토는 가능 할 것으로 판단되었다. 3회의 실험에서 모두 펌프압송 후 약 10 kg/m³의 단위수량이 저하되는 것으로 나타났는데, 이는 펌프압송시 발생되는 압력에 의하여 골재내부로 물이 흡수된 결과로 분석되었다. 즉, 굵은골재 흡수율의 경우 약 0.1% 정도 증가하는 것으로 나타났는데, 이러한 결과는 펌프압송시 압력에 의해 단위수량이 손실된다는 것을 확인할 수 있다.

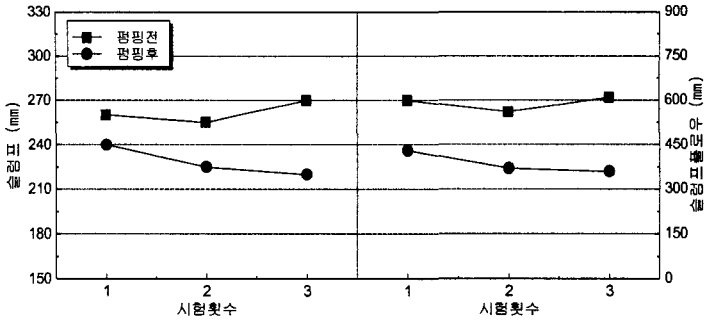

그림 1. 펌핑압송 전후의 슬럼프 및 슬럼프플로

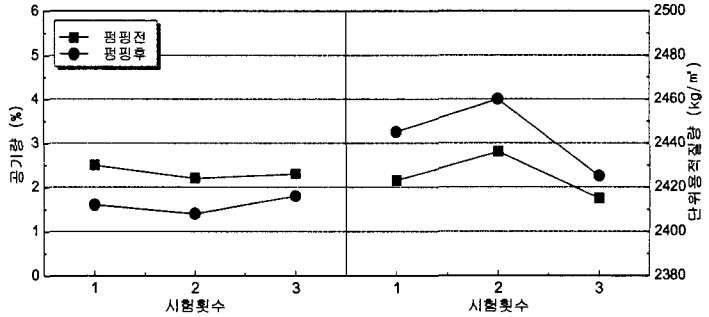

그림 2. 펌핑압송 전후의 공기량 및 단위용적질량

그림 4는 펌프압송 전후의 O-LOT 유하시간 및 U-BOX 충전시험 결과를 나타낸 것이다. 먼저 O-LOT 유하시간의 경우 3회의 실험결과에서 모두 펌프압송 후 유하시간이 약 10~20초 가량 늦어졌고, U-BOX 충전 시험에서는 펌프압송 전의 양호한 충전 결과에 반해, 펌프압송 후에는 2회의 시험에서 충전성 실험 범위 밖의 결과를 나타내었다. 이 두가지 실험은 초유동 콘크리트의 유동성, 간극통과성 및 충전성을 평가할 수 있는 대표적인 시험방법으로써 펌프압송 후에는 그림 3의 결과와 같이 굵은 골재의 흡수율 증가에 의한 단위수량 감소현상이 초유동 콘크리트의 높은 점성에 부가되어 펌핑능력 저하 등 현장 시공성에 악영향을 미칠 것으로 사료되어 진다.

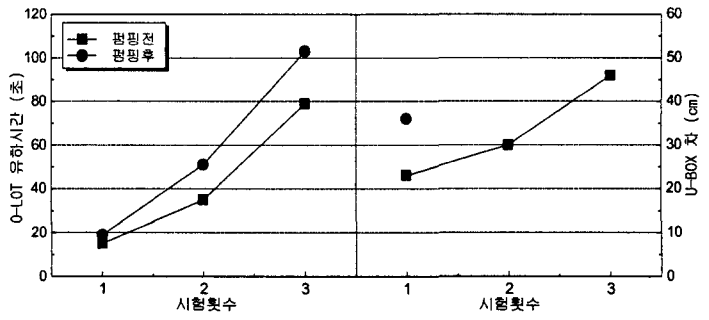

그림 4. 펌핑압송 전후의 O-LOT 유하시간 및 U-BOX 충전시험

### 3.2 경화콘크리트의 특성

그림 5는 펌프압송 전후의 재령별 압축강도를 비교한 것이다. 재령 7일의 압축강도는 호칭강도 50 MPa를 상회하는 결과로 나타났으며, 펌프압송 후의 경우, 미소하나 약 2 MPa 정도 큰 결과를 나타내

었다. 이는 펌프압송시 압력에 의해 굵은골재의 흡수율이 커지며 단위수량이 저하하여 물-시멘트비가 작아졌기 때문인 것으로 분석된다. 따라서, 굳지않은 콘크리트에서는 펌프압송시 단위수량 저하에 의해 유동성이 저하하는 것으로 나타났으나, 경화콘크리트의 압축강도 측면에서는 다소 유리한 것으로 나타났다.

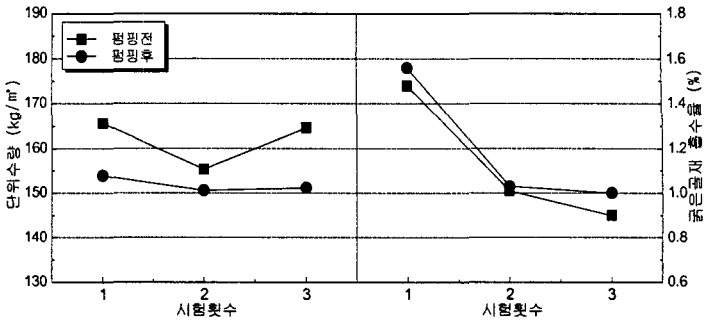

그림 3. 펌핑압송 전후의 단위수량 및 굵은골재 흡수율

이상을 종합한 결과 초유동 콘크리트의 경우 현장 펌프 압송 전후 유동성의 변화가 확연하였으며, 이로 인한 현장 시공시 발생되는 여러 가지 문제에 대한 대책마련이 필요할 것으로 사료된다.

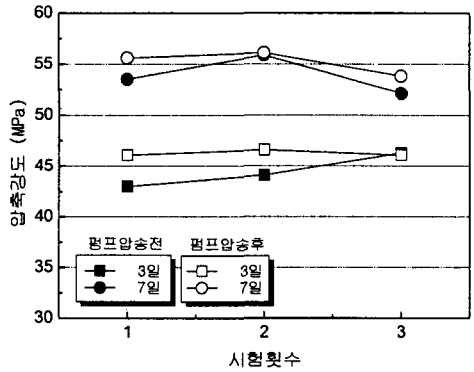

그림 5 펌핑압송 전후의 압축강도

## 4. 결론

본고에서는 실제 현장에 사용되는 초유동 콘크리트의 현황을 파악하고자, 펌프압송 전후의 단위수량 변화를 검토한 것으로, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 슬럼프 및 슬럼프플로 모두 펌프압송 후 유동성이 저하하는 것으로 나타났는데, 특히 슬럼프플로의 경우 목표 유동성을 만족시키지 못하는 것으로 나타났다. 공기량의 경우는 펌프압송 후 약 1% 정도 저하하였다.
2) 단위수량은 펌프압송 후 약 10 kg/m³ 가량 저하하였고, 굵은골재 흡수율의 경우 약 0.1% 정도 증가하는 것으로 나타났다.
3) O-LOT 유하시간 및 U-BOX 충전시험 결과 모두 펌프압송 후 현저히 저하하는 것으로 나타났다.
4) 압축강도 측면에서는 커다란 차이는 없으나, 펌프압송 후 다소 증가하는 것으로 나타났다.


## 감사의글

본 연구는 건설교통부 2005년도 산·학·연 과제「고성능/다기능 콘크리트의 핵심 및 활용기술 개발」중「초유동 자기충전 콘크리트의 시공성 향상 기술개발 및 현장적용」에 관한 일련의 연구로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.


## 참고문헌


1. 초유동 콘크리트 개발 및 실용화 연구 ; (주)대우건설, 1997
2. 김무한 외, 고유동 콘크리트의 유동특성 평가방법에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 제 17권 1호, pp. 707~710, 1997
3. 백명종 외, 고성능 콘크리트 현장 시험시공, 한국콘크리트학회, 봄학술발표 논문집, 제 7권 1호, pp. 171~176