

펌프압송 시 압력변화에 따른 콘크리트 물성변화 규명을 위한 실험적 연구

An experimental study on the quality variation of concrete caused by high pressure in pumping.

전성식* 김상헌** 지석원*** 서치호**** 김옥중***** 이도범*****
Jeon, Seong Sik Kim, Sang Heon Ji, Suk Won Seo, Chee Ho Kim, Ook Jong Lee, Do Bum

ABSTRACT

Development of construction technology and various condition is realized by high-rise buildings and so concrete placing by pressure pump has been developed in with the trend of large-size and high-rise building. So, it is judged that reservation of the basic data for standard of quality control standard Code by the prediction and this to a quality change exact here is urgent.

In this study it is going to carry out experimental research for a physical-properties change searching examination of the concrete by the after pressure change factor which does not become hard by the pumping method of construction.

1. 서론

1.1. 연구배경 및 목적

건축물의 초고층화에 따라 시공기술 및 제반 여건이 여러 분야에서 발전되어 가고 있으며, 이 중에서 콘크리트의 타설공법 중 펌프공법은 작업성 및 경제성에서 다른 공법에 비하여 우수한 작업 성능을 가지고 있어서 현재 가장 일반적 공법으로 자리잡고 있다. 최근 들어 콘크리트의 펌프공법은 500m 이상의 높이까지 직접 타설을 계획할 정도로 장비와 기술면에서 많은 발전을 거듭하고 있다. 그러나 콘크리트가 펌프에 의해 압송된 후 발생하는 품질변화에 대해서는 아직까지 국내에서는 연구가 부족한 상태로, 다양한 실험 및 이론적 자료의 기반이 부족하여 이론정립은 요원한 실정이며, 공기량, 슬럼프, 압축강도로 대별되는 펌프압송에 따른 품질변화는 실험실 및 현장의 조건에 따라 상이한 결과를 나타내고 있어 정확한 품질변화에 대한 예측 및 이에 따른 관리기준의 정립을 위한 기초 자료의 확보가 시급하며, 다양한 조건에서의 실험을 통한 명확한 규명이 필요한 실정이다.

이에 본 연구에서는 펌프공법에 의한 콘크리트 압송 시 콘크리트가 받게 되는 압력이 콘크리트의 물성에 어떤 영향을 미치는지 규명하고, 이를 통해 콘크리트 품질관리를 위한 기초적 자료를 제시하고자 한다.

* 정회원, 건국대학교 건축공학과 석사과정

** 정회원, 건국대학교 건축공학과 박사과정

*** 정회원, 한국구조물성능평가원 부장

**** 정회원, 건국대학교 건축공학과 교수

***** 정회원, 대림산업(주) 기술연구소 차장

***** 정회원, 대림산업(주) 기술연구소 부장

2. 실험계획

2.1 사용재료

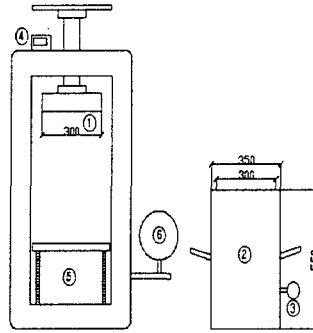
본 실험에서는 KS L 5201의 규정에 적합한 S사의 1종 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였다. 골재는 25mm 쇄석과 인천 세척사를 사용하였으며, 물리적 성질은 표 1과 같다. 플라이애시는 KS L 5405의 규정에 적합한 삼천포산을 사용하여 시멘트의 10%를 대체하였으며, 혼화제로는 국내에서 시판되고 있는 F사의 PC계 고성능감수제를 사용하였다.

표 1 골재의 물리적 특성

구분	단위용적질량(kg/m ³)	표건밀도(g/cm ³)	흡수율(%)	실적율(%)	조립율(%)
쇄석	1,551	2.69	0.9	58.2	7.1
세척사	1,720	2.61	0.7	66.4	2.85

2.2 실험장치 및 계획

본 실험에서는 펌프압송 시 콘크리트가 받는 압력에 의한 콘크리트의 물성변화를 알아보기 위하여 펌프의 구성요소 중 하나인 실린더 부분을 모델로 하여 고안된 가압장치를 이용하여 실험을 진행하였다. 장치의 구성은 그림 1과 같다.



- ①압력을 유지 할 수 있는 덮개
- ②고압에 견딜 수 있는 용기
- ③용기안의 콘크리트내압을 측정할 수 있는 센서
- ④센서에 연결된 게이지
- ⑤최대압력 300T의 유압기
- ⑥유압 게이지

그림 1 가압장치의 구성

일반적으로 콘크리트는 수직배관 100m당 25bar의 정압이 발생하게 되지만, 펌핑압력은 수송거리와 수송높이, 수송관경, 배관에 포함된 곡관의 수, 시간당 타설량 등에 따라 결정되어지며, 본 실험에서는 가압 수준을 설정하기 위하여 수직 높이 150m, 수평배관 40m 등으로 가정하여 가압수준은 10MPa, 가압유지시간은 5분으로 하였고, 실험압력 산정 근거는 표 2와 같다.

표 2 실험압력 산정

구분	최초 압력	수직 압력	수평 압력	곡관 90°	곡관 45°	커플링	End hose	마찰손실률	C.P.B	이론적 압력
내용	20bar /(/기본)	1bar /4m	1bar /20m	1bar /1ea	0.5bar /1ea	0.1bar /1ea	2bar /(/기본)	8bar/100m (ø125)	15bar/대 당	100
압력	20	37	2	6	3	6	5	15	15	

표 3 배합인자 수준

콘크리트의 설계는 현재 가장 보편적으로 쓰이고 있는 일반강도영역의 24, 27Mpa와 고강도영역의 30, 40Mpa로 설정하고 펌프를 통한 압송성을 고려하여 목표 슬럼프는 21과 15로 구분하였다. 플라이애시의 대체율과 온도 등의 다른 인자들은 고정시킨 후 예비실험을 통하여 콘크리트 배합설계를 실시하였다. 배합인자 수준은 다음의 표3과 같다.

구분	슬럼프	공기량	배합강도	압력수준
인자	21,15	3.0	24,27,30,40	0,10
수준	2	1	4	2
기호	A,B		24,27,30,40	

2.3 실험 방법

본 연구의 콘크리트의 혼합은 3축식 스파이럴 믹서를 사용하여 혼합하였다. 가압장치를 이용하여 굳지않은 콘크리트에 10Mpa의 수준으로 5분간 가압상태를 유지하여 각 배합에서의 가압에 따른 물성변화를 분석하였다. 굳지않은 콘크리트 실험으로 슬럼프는 KS F 2402규정에 의거 실시하였고, 공기량은 KS F 2421에 의거 측정하였다. 굳은 콘크리트의 실험으로 압축강도 $\phi 10 \times 20$ 공시체를 KS F 2403 규정에 의거 제작하여 KS F 2405 규정에 따라 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 굳지않은 모르터의 특성

(1) 가압전·후 슬럼프 변화

가압전·후의 슬럼프 변화는 그림 3에서 보는 바와 같이 가압후 모두 감소하는 경향을 보였다. 슬럼프 21 배합의 경우 슬럼프는 가압전 20~23, 가압후 17~19의 범위를 나타내었고, 평균 1.75 감소하였고, 슬럼프 15 배합의 경우 슬럼프는 가압전 16~19, 가압후 14~17의 범위를 나타내었고, 평균 2.25 감소하였다. 슬럼프의 변화를 살펴보면 상대적으로 고슬럼프의 배합에서 슬럼프의 감소가 적게 나타났는데, 이것은 고슬럼프의 배합이 상대적으로 적은 골재량으로 인해 가압시 골재가 흡수하는 수량이 적은 것에 기인하는 것으로 판단된다.

(2) 가압전·후 공기량 변화

가압전·후의 공기량의 변화는 그림 4에서 보는 바와 같이 가압후에 모두 공기량이 다소 증가하는 경향을 보였다. 슬럼프 21cm 배합의 경우 공기량은 가압전 1.7~2.3, 가압후 2.0~2.6의 범위에서 가압후 평균 0.23 증가하였고, 슬럼프 15cm 배합의 경우 공기량은 가압전 1.8~3.0, 가압후 2.2~3.2의 범위를 나타내었고, 평균 0.2 증가하였다.

3.2 압축강도 특성

각 배합의 재령별 압축강도는 10Mpa로 가압했을 때 가압수준 0Mpa에 비해서 전반적으로 2~6 %의 범위에서 다소 감소하는 것으로 나타났다. 이는 골재의 흡수율은 가압조건 하에서 다소 높아지는데, 압력이 해제된 후에도 일부의 수량은 골재 내부의 미세공극에 남아 있으며 콘크리트의 수화반응시 골재와 시멘트 페이스트계면의 물시멘트비가 높아져 상대적으로 강도가 낮은 천이대의 두께를 증가시키는 것에 기인한다고 판단된다. 그림 5는 각 배합의 재령별 압축강도를, 그림 6은 가압전·후의 압축강도의 분포도이다.

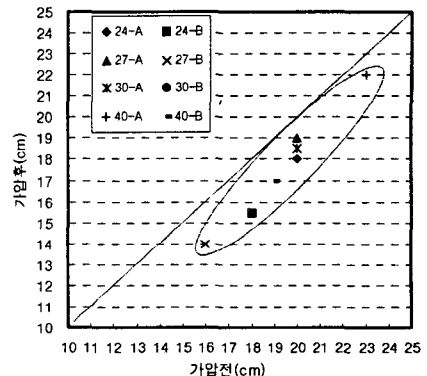


그림 3 가압전·후 슬럼프 변화

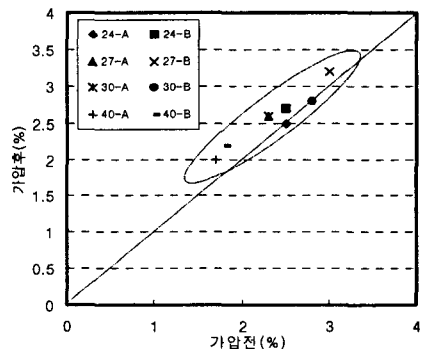


그림 4 가압전·후 공기량 변화

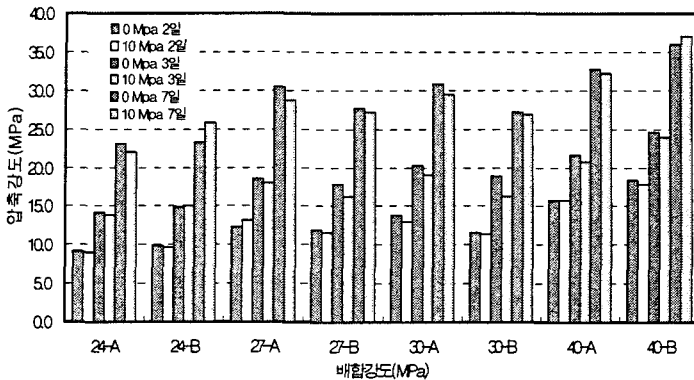


그림 5 각 배합의 재령별 압축강도

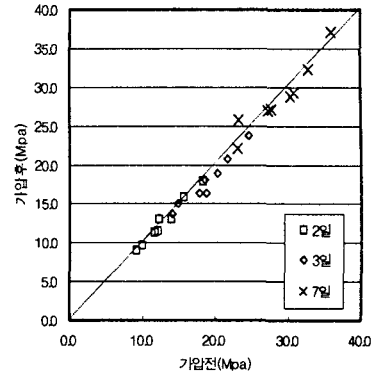


그림 6 기압전·후 압축강도 분포도

4. 결론 및 향후과제

가압장치를 이용한 콘크리트의 물성변화규명을 위한 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 슬럼프는 가압 후에 각 배합에서 1.75~2.25cm 정도 감소하였으며, 상대적으로 저슬럼프의 배합에서 감소가 다소 크게 나타났다. 이것은 고슬럼프의 배합이 상대적으로 적은 골재량으로 인해 가압시 골재가 흡수하는 수량이 적은 것에 기인하는 것으로 판단된다.
- (2) 공기량의 변화는 가압 후에 각 배합별로 0.2~0.23% 정도의 범위에서 공기량이 다소 증가하는 경향을 보였다.
- (3) 굳은 콘크리트의 압축강도 실험 결과, 각 배합의 재령별 압축강도는 10Mpa로 가압했을 때 가압수준 0Mpa에 비해서 전반적으로 2~6%의 범위로 다소 감소하는 것으로 나타났다. 이는 콘크리트의 수화반응시 골재와 시멘트 페이스트계면의 물시멘트비가 높아져 상대적으로 강도가 낮은 천이대의 두께를 증가시키는 것에 기인한다고 판단된다.

펌프에 의해 압송되는 콘크리트는 배관내 압력변화 및 마찰열, 혼화제의 발현 특성 등 다양한 요인에 의하여 품질변화가 일어난다. 따라서 향후 현상상태를 고려하여 더 많은 배합에서 압력변화에 의한 물성변화를 실험적으로 규명하는 것이 필요하며, 이를 통하여 압송에 따른 콘크리트의 물성변화에 대한 기초적 자료를 축적하는 것이 중요한 과제라고 판단된다.

감사의 글

이 연구는 “건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2003년 건설핵심기술연구개발사업(03산학연C04-01)에 의한 것임”

참고문헌

1. 김영균, 펌프 압송에 의한 굳지 않은 콘크리트의 특성변화에 관한 실험적 연구, 건국대학교 대학원 석사학위논문, 2005.
2. 박시연, 펌프 압송에 의한 콘크리트 물성변화에 대한 연구, 한양대 산업대학원 석사학위 논문, 1997.
3. 삼성중공업 건설, 초고층 요소기술 시공 가이드 북, 기문당, 2002.
4. 横井謙二 ほか, 高流動 コンクリートのポンプ圧送時の性状変化に関する一考察, コンクリート工學年次論文報告集, Vol. 19, No. 1, 1997.
5. 黒田泰弘 ほか, 高低差185m、壓送距離600mの高所・長距離壓送, コンクリート工學年次論文報告集, Vol. 21, No. 2, 1999.
6. 和美廣喜 ほか, 超高層建築における軽量コンクリートの高所ポンプ壓送性, 鹿島建設技術研究所年報, 1990.
7. 佐原晴也 ほか, 高流動コンクリートの高所壓送實驗, コンクリート工學年次論文報告集, Vol.16, No.1, 1994.