

콘크리트의 레올로지 특성 및 펌핑조건에 따른 펌프압송특성에 관한 연구

A Study on the Pumping Characteristics according to Pumping Method and Rheology Characteristics of Concrete

권 대 훈* **정 웅 택**** **김 형 래***** **조 호 규****** **전 준 영******* **이 한 승*******
 Kwon, Dae-Hun Jung, Woong-Taek Kim, Hyung-Rae Jo, Ho-Kyoo Jeon, Jun-Young Lee, Han-Seung

Abstract

In order to have pumping technology for high speed construction of tall building, study for quantitative evaluation of flow characteristics and pumpability should be conducted. So, this study evaluate the characteristics among the inner pipe pressure, fresh concrete properties and separated mortar through the continuous pumping test. Then it consider of relations between rheological properties and pumpability. In the result of test, it found that there are high interrelationship between the rheological characteristics which represented plastic viscosity and pressure lose by pipe length.

키 워 드 : 콘크리트 펌핑, 레올로지, 빙햄모델
 Keywords : Concrete Pumping, Rheology, Bingham Model

1. 서 론

콘크리트 펌프압송 시 굳지 않은 콘크리트가 압송관내를 유동하는 동안에는 복합적인 외력이 콘크리트에 작용하게 되므로, 콘크리트의 유동성, 점성, 미끄럼저항성 측면에서 펌프압송성을 평가하고 예측하기 위해서는 레올로지적 접근이 필수적이라 할 수 있다.¹⁾ 그러나 현재 콘크리트 펌프압송성의 평가는 주요 펌프 장비업체에 의한 소요 펌프압력 산출 및 콘크리트의 요구 성능수준 제시에 의존하고 있는 실정이며, 콘크리트의 재료적 특성에 기인하는 메커니즘 규명 및 정량화를 통한 사전예측 단계에까지는 이르지 못하고 있는 수준이다.^{1,2)} 따라서 본 연구는 콘크리트를 빙햄유체로 가정하여 압송에 따른 레올로지 특성변화를 측정하고 압력 특성과 콘크리트의 레올로지적 물성과의 상관관계를 비교함으로써 펌프압송성 예측을 위한 기초적 자료 제공에 그 목적이 있다.

2. 실 험

2.1 실험인자 및 수준

콘크리트의 유동특성 차이가 펌핑 시 관내압력에 미치는 영향을 파악하기 위해 배합조건에 있어서는 콘크리트의 압축강도와 플로우값을 실험인자로 설정하였으며, 펌핑조건에 있어서는 압송속도와 연속펌핑시간을 실험인자로 설정하였다. 실험의 인자 및 수준은 표 1에 나타낸 바와 같다.

표 1. 실험 인자 및 수준

		실험 인자	수준
콘크리트 배합		압축강도 (MPa)	40, 60, 80, 100
		슬럼프 (mm)	210
		슬럼프 플로우 (mm)	400, 500, 600, 700
펌핑 방법		속도 Level	1, 2, 3
		연속펌핑 시간 (min)	10, 15(25)

2.2 실험 내용 및 방법

2.2.1 레올로지 특성 평가

콘크리트의 레올로지 특성 시험에는 Brookfield사의 DV-III 레오미터를 사용하였다.

실험에 사용한 모르타르는 압송전후에 채취한 콘크리트로부터

* 한양대학교 대학원 건축환경공학과 석사과정
 ** 현대건설 연구개발본부 과장
 *** 현대건설 연구개발본부 부장, 공학박사, 교신저자 (hr6460@hdec.co.kr)
 **** 현대건설 연구개발본부 부장,
 ***** 유진그룹 R&D센터 부장, 공학박사
 ***** 한양대학교 건축학부 부교수, 공학박사

굵은 골재를 체가름 하여 분리한 후 모르타르를 채취하여 측정하였다.

2.2.2 펌프압송 및 관내압력계측

펌프압송실험에는 그림 1과 같은 간이펌프압송 시스템을 활용하였다. 측정된 압력(bar)과 거리별 압력 손실, stroke time, 고압펌프의 실린더 용적과 시간당 토출횟수로부터 계산을 통해 단위시간당 토출량(m³/h)을 도출하였다.

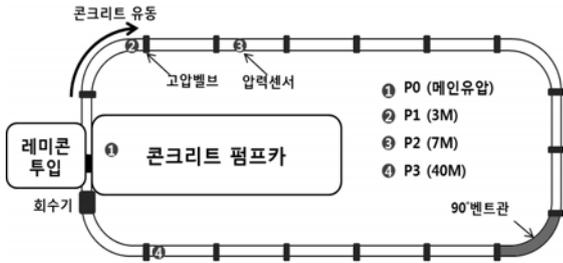


그림 1. 펌프압송 실험 개요도

3. 실험결과 및 고찰

3.1 모르타르의 레올로지 특성

그림 2는 콘크리트 배합조건에 따른 모르타르의 소성점도 및 항복응력의 측정결과를 나타낸 것이다. 전반적으로 단위결합재량이 많고 혼화제 사용량이 많은 고강도 영역일수록 항복응력 및 소성점도는 높아지는 경향을 나타냈으며, 압축강도가 동일한 60MPa 배합의 경우 슬럼프 플로우가 클수록 항복응력 및 소성점도는 작아지는 것으로 나타났다.

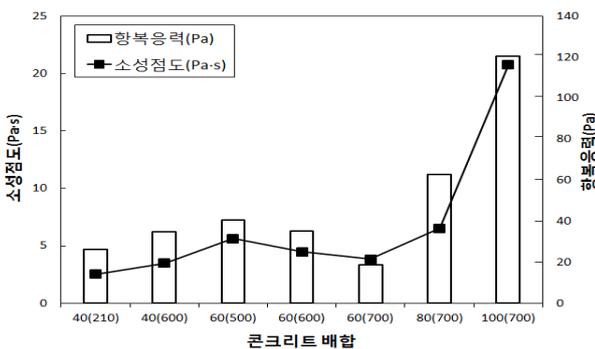


그림 2. 배합에 따른 레올로지 특성

3.2 펌프압송에 따른 관내압력의 특성

그림 3은 펌핑속도를 달리한 경우와 반복연속펌핑에 따른 부위별 압력측정결과를 나타냈다. 그림에서 경과시간별로 왼쪽으로부터 3수준의 펌핑속도와 2회에 걸친 연속펌핑 시 압력변화경향을 알 수 있다.

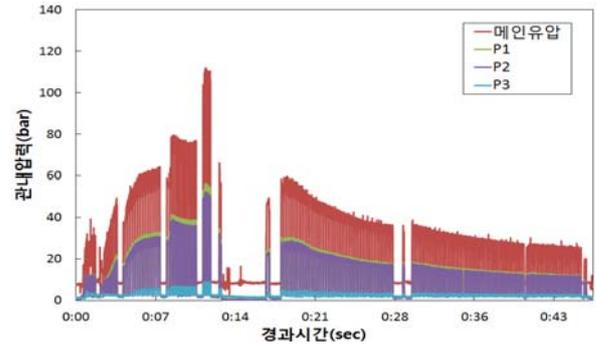


그림 3. 펌핑방법에 따른 관내압력파형

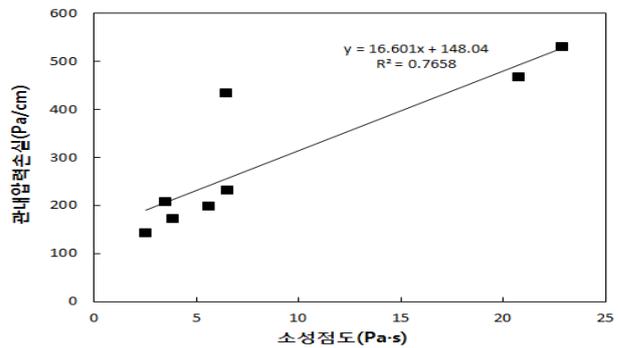


그림 4. 소성점도에 따른 관내압력손실

3.3 관내압력에 미치는 레올로지 특성의 영향

전반적으로 모르타르의 소성점도 측정결과가 증가할수록 압력 손실은 커지는 경향을 보였으며, 높은 상관관계를 나타냈다. 이는 소성점도가 높은 콘크리트가 관내에서 압력을 받으면서 이동할 때 발생하는 마찰저항의 크기와 직접적으로 관련이 있는 것으로 판단되며,¹⁾ 모르타르의 레올로지 특성이 펌프압송관내의 마찰저항과 관련되어 있는 것으로 추정된다.

4. 결론

콘크리트 레올로지 및 펌프압송 실험 결과 모르타르의 레올로지 정수인 항복응력 및 소성점도는 콘크리트의 강도가 높을수록 증가하는 것으로 나타났으며, 점성 증가로 인해 펌프의 메인유압이 증가되는 것으로 나타났다. 또한, 펌프압송 시 관내압력손실은 모르타르의 레올로지 특성과 매우 높은 상관성을 보였으며 관내압력손실은 펌핑속도와 콘크리트 강도와 비례하여 증가하는 것으로 나타났다. 향후 콘크리트의 정량적인 레올로지 및 관내마찰력 평가로 신뢰성 높은 펌프 압송성 평가가 가능 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 국토해양부가 주관하고 한국건설교통기술평가원이

시행하는 2010년도 첨단도시개발사업(09 첨단도시 A01)의 초고층복합빌딩연구개발사업의 일환으로 수행된 연구결과의 일부입니다. 아울러, 유진기업 기술연구소의 실험지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Concrete Pump Construction Guide, Japan Society of Civil Engineers, 2002
2. Comprehensive Evaluation of Concrete Pumpability, The 6th Association for Research on Pumping Technology, 2009