



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년07월06일
(11) 등록번호 10-2130400
(24) 등록일자 2020년06월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
E04G 21/04 (2006.01) C10N 30/02 (2006.01)
C10N 30/04 (2006.01)
(52) CPC특허분류
E04G 21/04 (2013.01)
C10N 2030/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0172325
(22) 출원일자 2018년12월28일
심사청구일자 2018년12월28일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020180096489 A
JP2008302507 A
JP2002213079 A
KR1020130048996 A

(73) 특허권자
명지대학교 산학협력단
경기도 용인시 처인구 명지로 116 (남동, 명지대학교)
(72) 발명자
권승희
경기도 용인시 처인구 명지로 116 토목환경공학과 13302호
이정수
경기도 용인시 처인구 명지로 116 토목환경공학과 13302호
(74) 대리인
특허법인임엔정

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 이영수

(54) 발명의 명칭 콘크리트 펌프 압송 중 윤활층 활성화제 주입량 결정방법

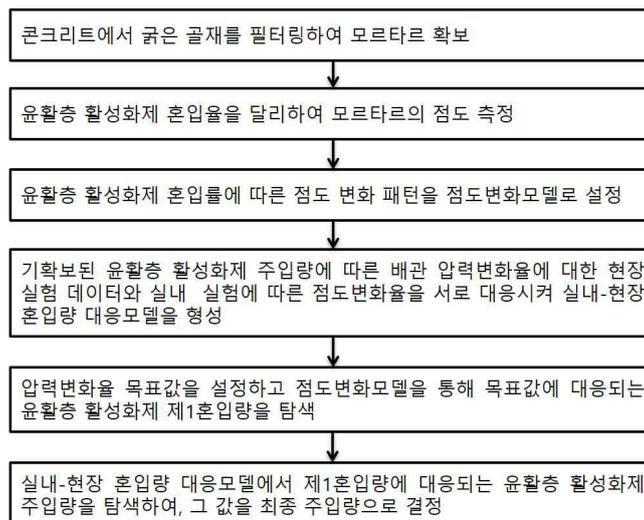
(57) 요약

본 발명은 콘크리트 압송 배관에서 윤활층 활성화를 위해 주입되는 조성물의 주입량을 결정하기 위한 방법에 관한 것이다.

본 발명에서는 모르타르의 점도변화와 실제 콘크리트 펌프 압송 중 배관에서의 압력변화가 근사하게 일치하는 것에 기초하여, 실내에서 윤활층 활성화제의 혼입률에 따른 모르타르의 점도변화를 측정함으로써 콘크리트의 펌프 압송 중 목표 압력 감소량을 만족시키는 윤활층 활성화제의 주입량을 매우 간단하게 결정할 수 있다.

기존에 윤활층 활성화제의 주입량을 결정하기 위해서는 현장 실험을 거쳐야 했지만 본 발명을 통해 매우 간단하게 윤활층 활성화제 주입량을 결정할 수 있는 바 공정설계가 효과적으로 수행될 수 있다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

C10N 2030/04 (2020.05)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 18TBIP-C125366-02

부처명 국토교통부

연구관리전문기관 국토교통과학기술진흥원

연구사업명 국토교통기술사업화지원사업

연구과제명 윤활층 활성화 시스템의 펌핑 효율 향상 예측기법 개발

기 여 율 1/1

주관기관 (주)케이우스코리아

연구기간 2017.04.01 ~ 2018.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

- (a) 실내 실험 대상이 되는 모르타르를 준비하는 단계;
- (b) 유효층 활성화제의 혼입량을 변화시켜 가며 상기 모르타르의 점도를 측정하여 실내실험 데이터를 획득하는 단계;
- (c) 상기 실내실험 데이터를 기초로 유효층 활성화제의 혼입량에 따른 모르타르의 점도변화량(%)을 패턴화하여 점도변화모델을 생성하는 단계;
- (d) 실제 콘크리트를 압송하는 현장실험을 통해 유효층 활성화제 주입량에 따른 배관 내 압력변화량(%)에 대한 실측데이터를 확보하는 단계;
- (e) X축을 상기 실내실험에서의 유효층 활성화제 혼입량으로, Y축을 상기 현장실험에서의 유효층 활성화제 주입량으로 설정하고, 상기 실내실험 데이터 및 실측데이터를 기초로, 상기 점도변화량(%)과 압력변화량(%)이 상호 동일한 포인트들을 상기 X축-Y축의 좌표평면 상에 플롯팅한 후, 상기 포인트들의 경향성을 패턴화하여 실내-현장 혼입량 대응모델을 형성하는 단계;
- (f) 목표 압력변화량을 설정하고, 상기 점도변화모델을 통해 상기 목표 압력변화량과 동일한 점도변화량이 나타나게 하는 유효층 활성화제 제1혼입량을 탐색한 후, 상기 실내-현장 혼입량 대응모델에서 상기 제1혼입량에 대응되는 현장실험에서의 유효층 활성화제 주입량을 탐색하여, 이 값을 최종 혼입량으로 결정하는 단계; 를 구비하는 것을 특징으로 하는 유효층 활성화제 주입량 결정방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 모르타르는 배합 완료된 콘크리트를 1~5mm의 체로 필터링한 산물인 것을 특징으로 하는 유효층 활성화제 주입량 결정방법.

청구항 3

제1항에 있어서,
 상기 모르타르는 상기 콘크리트의 슬럼프값(slump, 또는 slump flow)에 따라 별도로 실험을 수행하여 상기 슬럼프값에 따른 모르타르 점도변화모델 및 실내-현장 혼입량 대응모델을 산출하는 것을 특징으로 하는 유효층 활성화제 주입량 결정방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 실내-현장 혼입량 대응모델은 상기 실내 실험에서의 유효층 활성화제 혼입률에 대한 1차 함수의 형태인 것을 특징으로 하는 유효층 활성화제 주입량 결정방법.

청구항 5

제4항에 있어서,
 상기 실내-현장 혼입량 대응모델은
 콘크리트의 슬럼프 값이 100mm인 경우 $Y=0.9091X$, 슬럼프 값이 150mm인 경우 $Y=0.7272X$, 슬럼프 값이 200mm인 경우 $Y=0.9091X$ 인 것을 특징으로 하는 유효층 활성화제 주입량 결정방법.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 실내-현장 혼입량 대응모델은

콘크리트의 슬럼프 플로우 값이 500mm인 경우 $Y=1.1765X$, 슬럼프 값이 600mm인 경우 $Y=1.5305X$ 인 것을 특징으로 하는 윤활층 활성화제 주입량 결정방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 윤활층 활성화제는 계면활성제와 증점제 및 응결축진제를 포함하여 이루어지며,

상기 계면활성제 45~70 중량부, 증점제 15~35 중량부, 응결축진제 10~20 중량부의 범위로 배합되는 것을 특징으로 하는 윤활층 활성화제 주입량 결정방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 토목, 건축분야의 기술로서, 특히 콘크리트를 펌핑하여 타설할 위치까지 이송하는 콘크리트 펌핑 및 이송 기술에 관련된 것이다.

배경 기술

[0002] 레미콘에서 공급된 콘크리트는 파이프 라인을 따라 압송되어 타설 현장까지 이송된다. 이송 거리가 짧은 경우에는 콘크리트를 가압하기 위한 수단으로 펌프카가 사용되지만, 백 미터 이상의 장거리를 이송하기 위해서는 고압 이송펌프를 사용해야 한다. 최근에는 콘크리트 이송거리가 수 백 미터 이상이 되는 경우가 빈번해지고 있다. 예컨대, 잠실 '롯데월드타워'는 높이가 555m이며, 콘크리트를 수직 상방으로 수 백 미터 이송해야 한다. 또한 영종도와 송도 사이를 연결한 '인천대교'나 '인제-양양 터널'과 같이 길이가 수 km 이상인 장대터널, 장대교량을 건설할 때에도 콘크리트의 이송거리는 매우 길다.

[0003] 이렇게 콘크리트를 장거리 이송하려면 높은 압력으로 콘크리트를 밀어야 필요한데, 고압으로 콘크리트를 펌핑하는 것은 2가지 문제점이 있다. 먼저 콘크리트의 물성 변화이다. 고압을 받은 콘크리트는 점도가 증가하여 유동성이 저하된다거나, 압축강도가 설계 강도와 달라질 수 있다. 또한 심한 경우 이송 배관이 완전히 막혀 버릴 수 있으며, 콘크리트의 재료분리가 일어나기도 한다. 고강도 콘크리트의 경우 고압 환경에서도 물성 변화가 상대적으로 적은 편이지만, 일반 콘크리트에 비하여 훨씬 고가이며 설계기준을 상회하는 것이므로 사용이 어렵다. 또 다른 문제점은 경제성이다. 고압 펌핑을 지속적으로 수행하려면 시공 비용의 증대를 피할 수 없다.

[0004] 이러한 문제를 해결하기 위하여, 최근에 압송배관의 내주면과 콘크리트와의 사이에 형성되는 윤활층을 더욱 활성화시켜 콘크리트 펌핑 압력을 저하시키는 연구가 진행중이다. 윤활층 활성화에 대한 연구는 활성화제의 조성 과 효과, 활성화제의 주입량 결정, 활성화제를 주입하기 위한 장치 등 다방면에 걸쳐 진행되고 있다. 이 중 윤활층 활성화제의 주입량을 결정하는 것은 실제 콘크리트 타설 과정에서 실질적으로 매우 중요하다. 윤활층 활성화제의 성능과 효과가 입증되었다고 하더라도, 주입량의 과부족에 따라서 원하는 압력강하 효과가 충족되지 않거나, 콘크리트의 물성을 변화시킬 우려도 있기 때문이다.

[0005] 이에 윤활층 활성화제의 최적 주입량을 결정하는 방법이 제시되어야 한다. 현재 윤활층 활성화제의 최적 주입량 결정은 현장 실험에 의존하였다. 콘크리트 압송라인을 설치하고 윤활층 활성화제의 주입량을 변화시켜 가면서 콘크리트의 압력강하 정도를 측정하는 방법으로 진행되었다. 문제는 현장 실험 자체가 용이하지 않다는 것이다. 윤활층 활성화 기술은 기본적으로 콘크리트 배관이 매우 긴 경우를 전제하기 때문에 현장실험 역시 적어도 백미터 이상의 배관을 사용해야 하므로 실험 공간 확보가 어렵다. 또한 배관 거리가 길기 때문에 사용되는 콘크리트의 양도 많아지게 되며 실험이 완료된 후의 콘크리트를 폐기해야 하는 어려움도 있다. 그 외에도 콘크리트 이송 장비의 대여, 레미콘 사용을 포함하여 실험 비용이 과대하게 발생하기도 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위한 것으로서 실내 실험을 통하여 유허층 활성화제의 최적 주입량을 결정할 수 있는 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0007] 한편, 본 발명의 명시되지 않은 또 다른 목적들은하기의 상세한 설명 및 그 효과로부터 용이하게 추론할 수 있는 범위 내에서 추가적으로 고려될 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 유허층 활성화제 주입량 결정방법은, (a)실내 실험 대상이 되는 모르타르를 준비하는 단계; (b)유허층 활성화제의 혼입량을 변화시켜 가며 상기 모르타르의 점도를 측정하여 실내실험 데이터를 획득하는 단계; (c)상기 실내실험 데이터를 기초로 유허층 활성화제의 혼입량에 따른 모르타르의 점도변화량(%)을 패턴화하여 점도변화모델을 생성하는 단계; (d)실제 콘크리트를 압송하는 현장 실험을 통해 유허층 활성화제 주입량에 따른 배관 내 압력변화량(%)에 대한 실측데이터를 확보하는 단계; (e)X축을 상기 실내실험에서의 유허층 활성화제 혼입량으로, Y축을 상기 현장실험에서의 유허층 활성화제 주입량으로 설정하고, 상기 실내실험 데이터 및 실측데이터를 기초로, 상기 점도변화량(%)과 압력변화량(%)이 상호 동일한 포인트들을 상기 X축-Y축의 좌표평면 상에 플롯팅한 후, 상기 포인트들의 경향성을 패턴화하여 실내-현장 혼입량 대응모델을 형성하는 단계; (f)목표 압력변화량을 설정하고, 상기 점도변화모델을 통해 상기 목표 압력변화량과 동일한 점도변화량이 나타나게 하는 유허층 활성화제 제1혼입량을 탐색한 후, 상기 실내-현장 혼입량 대응모델에서 상기 제1혼입량에 대응되는 현장실험에서의 유허층 활성화제 주입량을 탐색하여, 이 값을 최종 혼입량으로 결정하는 단계;를 구비하는 것에 특징이 있다.

[0009] 본 발명에서, 상기 모르타르는 배합 완료된 콘크리트를 1~5mm의 체로 필터링한 산물을 사용한다.

[0010] 본 발명의 일 예에서, 상기 모르타르는 슬럼프값(slump, 또는 slump flow)에 따라 별도로 실험을 수행하여 상기 슬럼프값에 따른 몰달의 점도변화모델 및 실내-현장 혼입량 대응모델을 산출하는 것이 바람직하다.

[0011] 본 발명의 일 예에서, 상기 실내-현장 혼입량 대응모델은 상기 실내 실험에서의 유허층 활성화제 혼입률에 대한 1차 함수의 형태이다. 보다 구체적으로, 상기 대응모델은 모르타르의 슬럼프 플로우 값이 100mm인 경우 $Y=0.9091X$, 슬럼프 플로우 값이 150mm 및 200mm인 경우 각각 $Y=0.7272X$, $Y=0.9091X$ 이다.

[0012] 또한 상기 실내-현장 혼입량 대응모델은 콘크리트의 슬럼프 값이 500mm인 경우 $Y=1.1765X$, 슬럼프 값이 600mm인 경우 $Y=1.5305X$ 이다.

발명의 효과

[0014] 본 발명에서는 실내에서 유허층 활성화제 혼입률에 따른 모르타르의 점도 변화만을 측정하여 콘크리트 펌프 압송 중 최적의 유허층 활성화제 주입량을 매우 간편하게 결정할 수 있다는 이점이 있다.

[0015] 실내 실험에서의 모르타르의 점도변화율은 실제 콘크리트 압송시 압력변화율과 근사하게 대응되므로 실내 실험만으로 현장에서의 압력변화를 예측가능하기 때문이다.

[0016] 본 발명에 따라 복잡하고 어려운 현장 실험을 수행하지 않고도 유허층 활성화제의 최적 주입량을 결정할 수 있는 바, 매우 신속하고 효과적인 공정 설계가 가능하다는 이점이 있다.

[0017] 한편, 여기에서 명시적으로 언급되지 않은 효과라하더라도, 본 발명의 기술적 특징에 의해 기대되는 이하의 명세서에서 기재된 효과 및 그 잠정적인 효과는 본 발명의 명세서에 기재된 것과 같이 취급됨을 첨언한다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 콘크리트가 이송되고 있는 파이프 라인 내부를 개략적으로 나타낸 것이다.

도 2는 파이프내 압력과 콘크리트 토출량 사이의 관계를 나타낸 그래프이다.

도 3은 본 발명의 일 예에 따른 유허층 활성화제 주입량 결정방법의 개략적 흐름도이다.

도 4는 유허층 활성화제의 혼입률에 따른 모르타르의 점도 변화를 나타낸 그래프이다.

도 5는 모르타르의 점도변화율(목표값)을 구현하기 위한 유허층 활성화제의 혼입률을 파악한 그래프이다.

도 6은 현장 실험을 설명하기 위한 것이다.

도 7은 위 실험에서 24MPa 콘크리트를 대상으로 윤활층 활성화제 주입량에 따른 압력 변화를 나타낸 그래프이다.

도 8은 실내-현장 혼입량 대응모델을 설명하기 위한 그래프이다.

도 9는 슬럼프, 슬럼프 플로우 값 별로 콘크리트의 실내-현장 혼입량 대응모델이 나타나 있다.

도 10은 실내-현장 혼입량 대응모델에 따라 실제 윤활층 활성화제 주입량을 결정하는 예를 설명하기 위한 그래프이다.

도 11은 점도변화에 따른 압력감소 예상치와 실제 콘크리트 배관 내 압력감소율을 비교한 그래프이다.

※ 첨부된 도면은 본 발명의 기술사상에 대한 이해를 위하여 참조로서 예시된 것임을 밝히며, 그것에 의해 본 발명의 권리범위가 제한되지는 아니한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 본 발명은 콘크리트에 고압을 인가하여 장거리 압송하는 기술과 관련된 것이다. 특히 콘크리트 압송 배관 내에서 압송 배관과 콘크리트 사이의 윤활층을 더욱 활성화시켜 콘크리트 이송 압력을 저하시킬 수 있는 윤활층 활성화제를 콘크리트 압송 중에 어느 정도 주입할지를 결정하는 방법에 관한 것이다.
- [0020] 윤활층 활성화제는 콘크리트가 압송되고 있는 배관의 외주면을 따라 환형으로 주입되어 콘크리트와 배관의 내주면 사이의 윤활층을 더욱 활성화시키는 작용을 한다.
- [0021] 본 발명을 설명하기에 앞서 콘크리트 압송 배관 내에서의 콘크리트 거동을 살펴본다. 도 1은 콘크리트가 압송되고 있는 압송 배관(파이프 라인) 내부를 개략적으로 나타낸 것이다.
- [0022] 도 1을 참고하면, 콘크리트(c)는 파이프 라인(p) 내에서 층류로 유동하는데, 파이프 라인의 내주면과의 마찰로 인하여 파이프 라인의 내주면 근처에서는 유속이 저하되고 파이프 라인의 중심부에서는 유속이 최대가 된다. 그리고 콘크리트(c)와 파이프라인(p) 사이에는 윤활층(s)이 형성된다. 파이프라인(p)의 종단면으로 보면 윤활층(s)은 동그란 환형으로 얇게 형성된다. 물리적 특성을 보면, 윤활층(s)은 콘크리트(c)에 비하여 점도가 낮으므로, 파이프 라인의 내주면과 콘크리트 사이의 마찰력을 저감하는 역할을 한다. 콘크리트가 파이프 라인을 통해 이송되면 물리적 현상으로서 자연스럽게 윤활층(s)이 형성되며, 이러한 윤활층이 없다면 콘크리트의 이송은 실질적으로 곤란하다.
- [0023] 윤활층 활성화제는 '물리적 현상'으로서 자연스럽게 나타나는 윤활층(s)을 인위적으로 더욱 활성화하기 위한 것이다. 이를 통해 파이프라인(p)과 콘크리트 사이의 마찰력이 저하됨으로써 상대적으로 낮은 압력을 인가해도 콘크리트의 장거리 이송이 가능하다.
- [0024] 본 발명에서 윤활층의 '활성화'란 윤활층으로 인하여 콘크리트와 파이프라인 사이의 마찰력을 저하시키는 것을 의미하며, 예컨대 윤활층을 인위적으로 형성하거나, 기형성된 윤활층을 활성화시키는 것, 예컨대 점도를 보다 낮추는 것을 포함한다.
- [0025] 도 2는 파이프내 압력과 콘크리트 토출량 사이의 관계를 나타낸 그래프로서, A는 윤활층을 활성화시키지 않은 기존의 예이며, B는 윤활층 활성화제를 주입하여 윤활층을 활성화시킨 경우이다. 도 2의 그래프에서 확인할 수 있는 바와 같이, 윤활층을 활성화시킨 경우 동일한 압력에서는 콘크리트의 토출량(Q)이 기존의 예에 비하여 증대하며, 거꾸로 동일한 토출량을 확보하기 위해 필요한 압력은 기존의 예보다 낮게 나타난다.
- [0026] 이하에서는 첨부된 도면을 참고하여 본 발명에 따른 윤활층 활성화제 주입량 결정방법에 대하여 더욱 상세히 설명하기로 한다.
- [0027] 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지기능에 대하여 이 분야의 기술자에게 자명한 사항으로서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 상세한 설명을 생략한다.
- [0028] 도 3은 본 발명의 일 예에 따른 윤활층 활성화제 주입량 결정방법의 개략적 흐름도이다.
- [0029] 도 3을 참고하면, 본 발명에서는 콘크리트에 주입할 윤활층 활성화제의 양을 결정하기 위하여 일련의 실험을 수행하게 되는데, 그 실험 대상은 모르타르이다. 콘크리트를 직접 실험 대상으로 하지 않고, 콘크리트로부터 굳은 골재를 제외한 모르타르를 실험 대상으로 하는 것에는 이유가 있다. 앞서서도 설명하였지만, 윤활층 활성화제는 콘크리트와 배관 사이에 형성되는 윤활층을 더욱 활성화하기 위한 것이다. 즉 윤활층 활성화제는 콘크리트 전체

에 작용하는 것이 아니라, 콘크리트 외주면을 따라 고리형으로 형성되는 윤활층에만 작용한다. 실제 윤활층 활성화제는 콘크리트와 함께 반죽하는 것이 아니라, 콘크리트 압송배관의 내주면을 따라 고리 형상으로 주입되므로, 윤활층 활성화제는 콘크리트 본체에는 거의 침투하지 않고 윤활층에만 개입하게 된다. 윤활층에는 굵은 골재가 없으며 모르타르 성분으로만 이루어진다. 따라서 윤활층 활성화제에 혼입량을 결정하기 위해서는 콘크리트 자체가 아닌 모르타르가 대상이 되어야 한다.

- [0030] 그렇다고 하여 모르타르만을 직접 반죽하여 사용하는 것은 바람직하지 않다. 예컨대 압송대상이 되는 콘크리트의 정해진 배합 기준에서 굵은 골재만을 빼고 모르타르만을 반죽하여 사용하는 것은 바람직하지 않다. 본 실시예에서는 일단 굵은 골재를 포함하여 콘크리트(레미콘)를 만든 다음, 콘크리트로부터 굵은 골재를 걸러내서 모르타르만을 추출하는 방식을 사용한다. 콘크리트를 형성하면 굵은 골재가 수분을 흡수하는 등 내부 작용이 일어나고, 이러한 내부 작용을 거친 후의 모르타르 성분이 윤활층을 형성하게 된다.
- [0031] 따라서 본 실시예에서도 콘크리트 반죽 후 내부 작용을 거친 후의 모르타르를 추출하는 것이다. 더욱이 본 실시예에서 콘크리트는 레미콘 차량에 의해서 이송된 것을 사용한다. 레미콘 공장에서 콘크리트를 만든 후 레미콘 차량을 통해 이송하는 과정에서 내부 작용이 일어난 후의 콘크리트를 사용하여, 실제 현장에서 사용하는 콘크리트를 그대로 사용한다.
- [0032] 보다 구체적으로, 본 발명에서는 레미콘 차량으로 이송해 온 콘크리트를 1~5mm의 체로 필터링하여 굵은 골재를 걸러낸 후의 산물(모르타르)을 후속하는 내부 실험의 대상으로 삼는다.
- [0033] 다만, 위에서와 같이 콘크리트 반죽 후 체를 이용하여 모르타르만을 추출하여 실험 대상으로 삼는 것이 가장 바람직하지만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며 모르타르만을 직접 반죽하여 실험의 대상으로 삼는 것도 배제하지는 않는다.
- [0034] 모르타르가 확보되면 윤활층 활성화제의 혼입율에 따른 모르타르의 유동 특성, 즉 점도를 측정한다. 본 발명의 연구진은 윤활층의 활성화 정도는 윤활층을 형성하는 모르타르의 점도에 따라 결정되는 것으로 파악한다. 윤활층의 점도가 저하될수록 윤활층이 활성화되어 콘크리트 압송 배관 내 압력이 저하될 것으로 판단하였다. 거꾸로 윤활층의 점도가 증가할수록 콘크리트 압송 배관 내 압력은 증가될 것이다.
- [0035] 따라서 윤활층을 형성하는 모르타르의 점도가 매우 중요하므로, 윤활층 활성화제의 혼입율에 따라 모르타르의 점도를 모니터링한다.
- [0036] 도 4에는 3개의 서로 다른 모르타르에 대하여 각각 윤활층 활성화제의 혼입율을 달리하여 점도를 측정한 결과가 그래프로 나타나 있다. 그래프에서 X축은 윤활층 활성화제 혼입율로서, 모르타르 100%에 대하여 윤활층 활성화제의 혼입량(볼륨%)을 나타낸 것이다. Y축은 윤활층 활성화제를 혼입하지 않은 경우의 모르타르 점도를 1로 기준하였을 때, 점도 변화량(%)을 나타낸 것(정규화된 점도)이다. 도 4에 나타난 바와 같이, 윤활층 활성화제의 혼입량이 늘어날수록 모르타르의 점도가 하강하는 것을 알 수 있다. 이는 모르타르의 종류(MIX1~3)에 상관없이 모두 동일한 경향을 나타낸다.
- [0037] 이러한 경향성을 수학적 모델로 패턴화하여 점도변화모델을 형성할 수 있다. 도 4에 나타난 곡선들은, 윤활층 활성화제의 혼입율에 따른 모르타르의 점도변화율 데이터를 도 4의 XY평면상에 플롯팅한 후, 이 데이터들과 오차가 가장 적게 나도록 하는 함수화한 것이다. 도 4에 도시된 바와 같이, 윤활층 활성화제의 혼입량에 따른 점도변화 모델은 지수 함수(exponential function) 형태로 설정된다.
- [0038] 본 발명에서는 모르타르의 점도변화율(%)이 실제 콘크리트의 압송시의 압력변화율(%)과 동일한 것으로 간주한다. 예컨대, 도 5와 같이, 모르타르의 점도변화율이 50%인 경우, 콘크리트 압송배관에서의 압력변화율도 동일한 것(또는 비례하는 것)으로 간주한다.
- [0039] 콘크리트 펌프 압송 중 윤활층 활성화제의 주입물에 따른 압력변화율을 어떻게 파악할지와 관련하여, 본 발명에서는 기존에 현장실험을 통해 이미 확보하고 있는 현장 실험 데이터와 모르타르의 점도변화에 관한 내부 실험 데이터를 서로 대응시켜 파악한다. 이하 자세히 설명한다.
- [0040] 본 발명의 연구진은 현장 스케일로 콘크리트 압송 실험을 수행한 경험이 있으며, 이 실험에서 윤활층 활성화제 주입량에 따른 콘크리트 배관에서의 압력강하를 실험하였다. 도 6에는 실험의 개요와 현장사진이 나타나 있다.
- [0041] 도 6을 참고하면, 대략 파이프라인을 117m 정도로 형성하고, 파이프라인에 7개의 센서를 설치하여 윤활층 활성화제의 혼입량에 따른 콘크리트의 압력 저하량을 측정하였었다. 그 결과는 도 7에 나타나 있다.

- [0042] 도 7은 위 실험에서 24MPa 콘크리트를 대상으로 윤활층 활성화제 주입량에 따른 압력 변화를 나타낸 그래프이다.
- [0043] 도 6 및 도 7을 참고하면, 윤활층 활성화제를 콘크리트 부피의 0.069% 주입하였을 때를 보면, 펌프에 가장 가깝게 있는 P0 센서의 압력 측정값이 펌핑 후 25초 후에 최고치에 도달한다. 레미콘 차량 한 대의 콘크리트를 모두 타설하는데 5분 정도가 걸리며, 배관이 콘크리트로 완전히 채워지는 데에는 25초보다 더 많은 시간이 걸린다. 이는 실제 배관 내 압력이 배관 내 콘크리트의 양, 즉 콘크리트의 하중에 의한 것 보다는 콘크리트와 관의 마찰에 의한 것이 더 지배적이라는 것을 보여준다. 이 상태에서 윤활층 활성화제를 주입하지 않으면, 최대 압력치가 그대로 유지되거나, 윤활층이 손실되는 경우, 즉 고압에 의한 탈수현상으로 인해 관이 폐색되게 된다.
- [0044] 콘크리트 배관의 센서에서 최대 압력치가 기록되면 윤활층 활성화제를 주입한다. 윤활층 활성화제가 주입되면 그 즉시 압력이 하강하기 시작한다. 물론 배관의 뒤쪽에 배치된 센서에서 측정된 압력은 첫 번째 센서보다 시간이 순차적으로 딜레이되어서 압력 하강이 나타난다. 윤활층 활성화제가 각 센서가 배치된 지점까지 도달하는데 시간이 필요하기 때문이다. 도 7의 그래프에서 상측에 나타난 압력값이 배관의 앞쪽에 배치된 센서에서 측정된 값이며, 하측에 나타난 압력값이 배관의 뒤쪽에 배치된 센서에서 측정된 값이다. 자세히 보면, 아래쪽으로 갈수록 압력이 최대치가 되는 시간이 조금씩 딜레이되며, 최대치로부터 압력값이 하강하는 시점도 동일하게 딜레이되는 것을 알 수 있다. 즉, 압력값의 변곡점이 센서의 배치 순서에 따라 시간의 차이가 나타난다.
- [0045] 결과적으로 윤활층 활성화제가 투입되면 배관 내 압력은 최고값에 비하여 현저하게 저하된다. 예컨대, 첫 번째 센서에서의 기록값을 보면 45bar 에서 30bar 정도로 하강한 것을 알 수 있다. 한 번 하강한 압력은 일정 범위 내에서 유지된다. 콘크리트 볼륨 100%에 대하여 0.083%, 0.102%의 윤활층 활성화제를 주입한 경우에도 동일한 경향을 볼 수 있다. 즉, 윤활층 활성화제에 의하여 콘크리트 배관의 압력이 저하되는 것을 알 수 있다.
- [0046] 본 발명의 연구진은 위와 같은 실험을 파이프라인의 길이를 114m, 137m, 514m로 달리하고, 콘크리트도 24MPa, 35MPa, 40MPa, 60MPa 등으로 달리하여 실험을 수행하였다. 압축강도를 달리하면 콘크리트의 슬럼프 또는 슬럼프 플로우 값도 달라지게 된다. 본 발명의 연구진은 위와 같은 수많은 실험을 통해 윤활층 활성화제의 주입량에 따라 콘크리트 입송 배관 내에서의 콘크리트 압력변화량(%)을 측정하여 현장 실험 데이터(미도시)로 확보하였다.
- [0047] 현장 실험데이터는 윤활층 활성화제 주입량(콘크리트 100에 대한 볼륨%)에 따른 압력변화량(%)으로 정리되어 있다. 현장 실험 데이터도 점도변화량 데이터와 마찬가지로 윤활층 활성화제를 주입하지 않은 경우의 압력을 100%로 기준하고, 윤활층 활성화제 주입에 따른 상대적 압력변화량(%)을 정규화하여 나타낸 데이터이다.
- [0048] 본 발명에서는 현장 실험을 직접 다시 수행하여 데이터를 확보할 수도 있지만, 이미 확보한 데이터가 있기 때문에 별도의 현장 실험을 수행하지 않고 기 확보된 현장 데이터를 사용하는 것을 원칙으로 한다.
- [0049] 한편, 본 발명에서는 실내 실험을 통한 점도변화율(%)과 현장 실험을 통한 압력변화율(%)을 서로 대응시킨다.
- [0050] 도 8을 참고하여 설명한다. 도 8은 실내 실험을 통한 점도변화율과 현장 실험에서 획득된 압력변화율을 상호 매칭시킨 그래프이다. 예컨대 A 포인트는 실내 실험에서의 점도변화율이 30%이고, 현장 실험에서의 압력변화율도 30%인 지점이다. 그리고 X축은 실내 실험에서의 윤활층 활성화제 혼입률이고, Y축은 현장 실험에서의 윤활층 활성화제 주입률을 나타낸다. 즉 점도변화율과 압력변화율이 동일한 포인트에서 실내 실험에서의 활성화제 혼입률과 현장 실험에서의 활성화제 주입률을 서로 대응시켰다. 즉 도 8에 플롯팅된 모든 포인트들은 실내 실험에서의 점도변화율과 현장 실험에서의 압력변화율이 동일한 지점들이다.
- [0051] 이렇게 점도변화율과 압력변화율을 서로 대응시켜 그래프상에 플롯팅한 후, 해당 포인트들의 경향성을 패턴화하면 파란색으로 나타난 1차 함수와 같아진다. 예컨대 최소자승법 등을 이용하여 모든 지점에 대하여 오차가 가장 작아지는 직선의 방정식을 도출해 낼 수 있다. 이렇게 1차 함수로 나타낸 패턴을 실내-현장 혼입량 대응모델이라 한다.
- [0052] 도 9에는 콘크리트의 슬럼프 또는 슬럼프 플로우 값 별로 콘크리트의 실내-현장 혼입량 대응모델이 도시되어 있다. 도 9를 참고하면, 실내-현장 혼입량 대응모델들은 모두 1차 함수 형태인 것을 확인할 수 있다. 즉 앞에서 설명한 바와 같이, 모르타르의 점도 변화율과 압송 중 콘크리트의 압력변화율은 동일한 것으로 간주할 경우, 모르타르에 대한 윤활층 활성화제 혼입률과 콘크리트에 대한 주입률이 선형적으로 비례한다. 슬럼프 또는 슬럼프 플로우 값이 클수록 기울기가 더 급하게 형성된다.
- [0053] 상기한 바와 같이, 실내-현장 혼입량 대응모델을 설정한 후에는 최종적으로 윤활층 활성화제 혼입량을 결정하게 된다. 먼저 주입하고자 하는 콘크리트에 윤활층 활성화제를 주입하지 않은 경우의 배관 내 최대 압력값을 산출

또는 예측한 후, 강하하고자 하는 압력의 변화율을 상정한다. 예컨대 압력변화율을 도 5와 같이 50%로 설정하고, 그 변화율(50%)을 점도변화모델에서 탐색하여 윤활층 활성화제 혼입률을 탐색한다. 도 5에서 보면 윤활층 활성화제를 대략 0.16% 혼입하면 점도변화율이 50%를 나타낸다.

[0054] 점도변화모델에 따라 윤활층 활성화제 혼입량(제1혼입량)이 결정되면, 실내-현장 혼입량 대응모델에서 이에 대응하는 윤활층 활성화제 주입량을 탐색한다. 즉, 도 10에 도시된 바와 같이, X축 상에서 0.16% 되는 지점이 Y축 상에서 대응되는 지점(본 예에서는 0.14% 정도)을 탐색한다. 즉 윤활층 활성화제 주입량은 0.14%로 결정된다. 여기서 주입량은 콘크리트 100 볼륨%에 대하여 윤활층 활성화제가 주입되는 볼륨%를 의미한다.

[0055] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에서는 윤활층 활성화 정도는 모르타르의 점도에 의하여 결정되며, 모르타르의 점도 변화는 실제 콘크리트 압송배관에서의 압력변화율과 동일하다는 것에 기초하고 있다. 이러한 인식에 기초하여, 실내실험을 통해 윤활층 활성화제 혼입률에 따른 모르타르의 점도 변화율을 측정하여 점도변화모델을 만들고, 기 확보한 현장실험 데이터와 실내 실험 데이터를 상호 매칭시켜 실내-현장 혼입량 대응모델을 설정한다. 최종적으로 모르타르의 점도 변화값에 대응되는 콘크리트 내 윤활층 활성화제 주입량을 파악할 수 있다.

[0056] 이에 따라 콘크리트의 장거리 이송 계획을 수립할 때, 더 이상 현장 실험에 의존할 필요가 없다. 실내에서 윤활층 활성화제 주입량에 따른 점도변화를 측정하여 점도변화모델을 만들고, 기 확보된 현장 데이터를 이용하여 실내-현장 혼입량 대응모델을 설정하면 매우 간단하게 윤활층 활성화제 주입량(혼입량)을 결정할 수 있다. 즉 본 발명에 따르면 실내 실험에서 점도변화율만을 측정하여 콘크리트의 압송 중 목표 압력감소량을 만족하는 윤활층 활성화제의 주입률을 결정할 수 있다는 이점이 있다.

[0057] 물론 콘크리트의 물성에 따라 모든 현장 데이터가 확보된 것은 아니다. 이 경우에는 실내-현장 혼입량 대응모델을 설정할 수 없게 된다. 그러나 도 9의 표에서 보듯이 실내-현장 혼입량 대응모델은 (0.0) 포인트에서 시작하는 1차 함수로서 기울기가 대략 0.9~1.5 범위에서 형성된다. 조금 더 범위를 넓히자면 0.8~1.6 정도로 볼 수 있다. 현장 데이터가 확보되지 않은 경우라고 해도 콘크리트의 슬럼프에 따라 이와 유사한 슬럼프를 가지는 콘크리트의 현장 데이터(확보된 것)에 기초하면 윤활층 활성화제 주입량을 근사적으로 결정할 수 있을 것으로 판단된다.

[0058] 아래의 표 1은 점도변화에 따른 압력감소 예측치와 실제 콘크리트 펌프 압송 중 배관에서의 압력변화율을 나타낸 것이고, 도 11은 이를 그래프로 나타낸 것이다.

[표 1]

콘크리트 설계기준강도 (MPa)	No.	측정된 압력 감소율 (%)	예측된 압력 감소율 (%)
24	1	44.2	44.3
	2	48.0	44.1
	3	37.4	37.8
60	1	32.6	34.5
	2	28.8	30.1
	3	44.7	42.3

[0060]

[0062] 위의 표와 도 11을 참고하면, 점도변화에 따라 예측되는 압력감소율(즉 점도변화율)과, 실제 콘크리트 배관에서의 압력감소율은 거의 1:1로 나타나는 것을 알 수 있다. 즉, 점도변화율만으로도 콘크리트 배관에서의 압력변화율과 대응시키는 것이 가능하다는 것을 알 수 있다.

[0063] 본 발명에서는 앞에서 설명한 바와 같이 모르타르의 점도변화를 측정하고 점도변화모델을 형성한 후, 기 확보된 현장 데이터를 이용하여 실내-현장 혼입량 대응모델을 만든다. 최종적으로 콘크리트 펌프 압송 중 목표 압력감소율을 만족시키는 윤활층 활성화제 주입량을 결정한다. 다만, 현장 데이터가 확보되지 않은 경우인 경우에는 점도변화량만을 기초로 윤활층 활성화제의 주입량을 결정할 수도 있다. 더 나아가 점도변화율만을 기준으로 주입량을 결정해도 실제의 압력변화와 근사한 경향을 나타낼 것으로 판단된다.

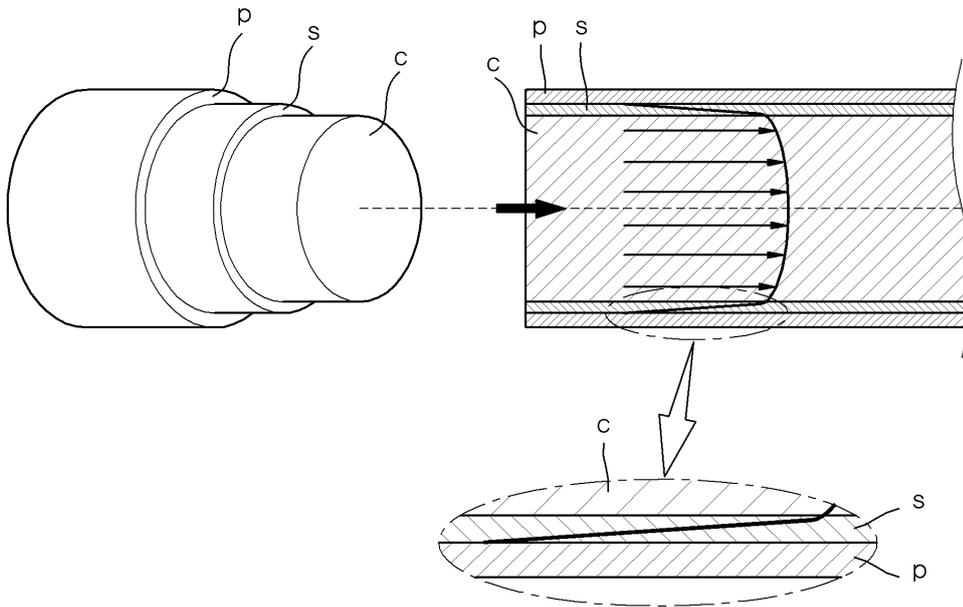
[0064] 무엇보다도, 본 발명은 복잡하고 어려운 현장 실험을 대체하여 실내 모르타르 점도 실험만으로 윤활층 활성화제 주입량을 간단하게 결정할 수 있다는 이점이 있다.

[0065] 한편, 본 발명에서 윤활층 활성화제의 종류는 제한하지 않는다. 다만 본 예에서 사용한 윤활층 활성화제는 계면활성제와 증점제 및 응결촉진제를 포함하여 이루어진다. 보다 구체적으로 계면활성제 45~70 중량부, 증점제 15~35 중량부, 응결촉진제 10~20 중량부의 범위로 배합된다. 또한 윤활층 활성화제에는 흑연 분말과 활석 분말을 더 배합할 수 있으며, 이들이 배합한만큼 증점제의 양을 줄일 수 있다. 흑연 분말과 활석 분말은 45마이크로미터 이하의 입도를 사용하는 것이 바람직하다.

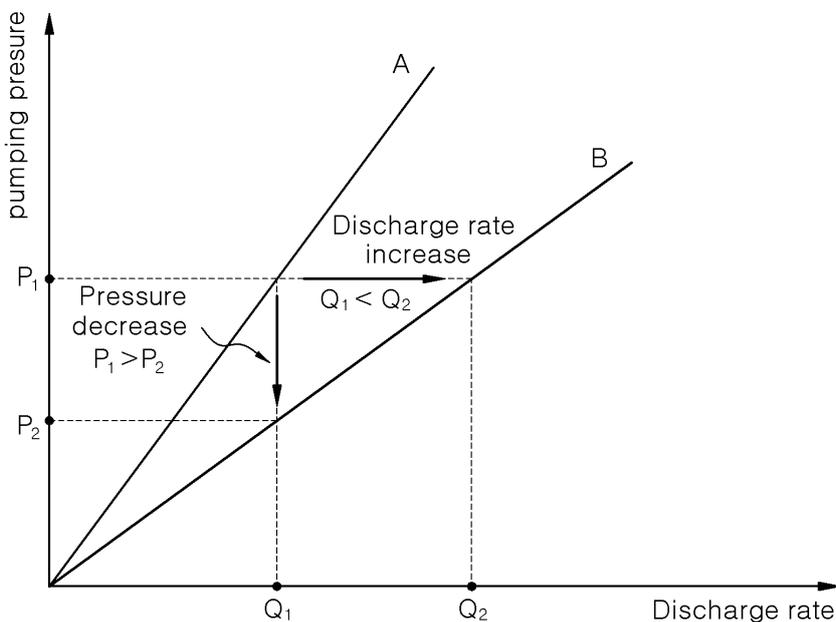
[0066] 본 발명의 보호범위가 이상에서 명시적으로 설명한 실시예의 기재와 표현에 제한되는 것은 아니다. 또한, 본 발명이 속하는 기술분야에서 자명한 변경이나 치환으로 말미암아 본 발명이 보호범위가 제한될 수도 없음을 다시 한 번 첨언한다.

도면

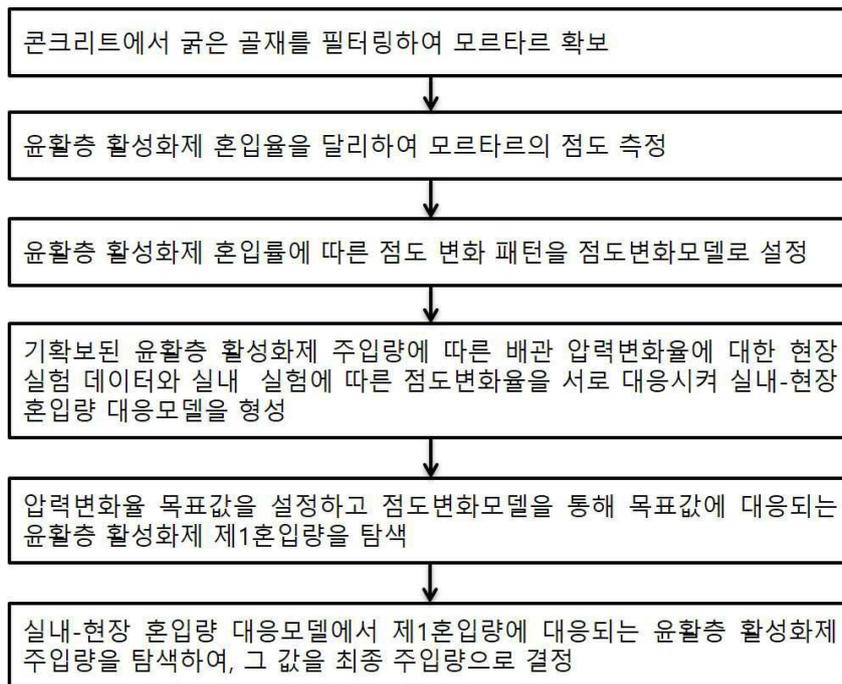
도면1



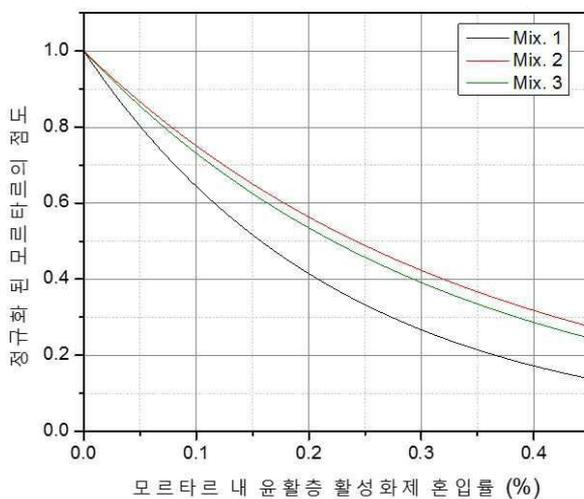
도면2



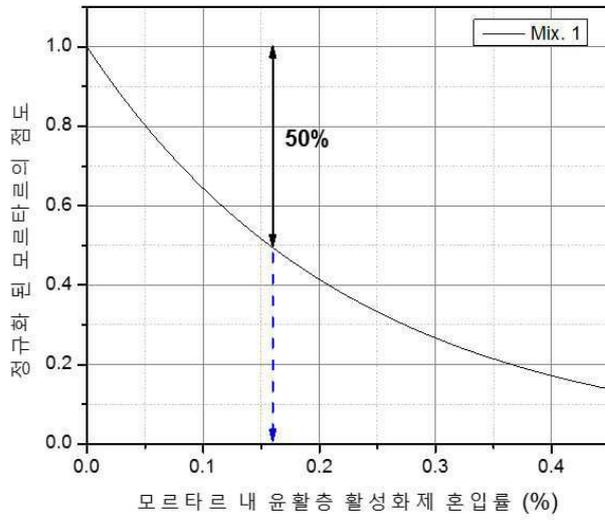
도면3



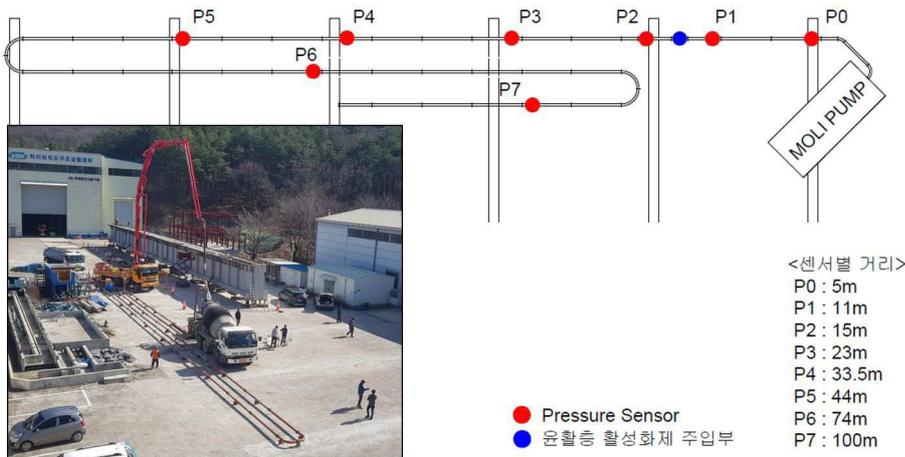
도면4



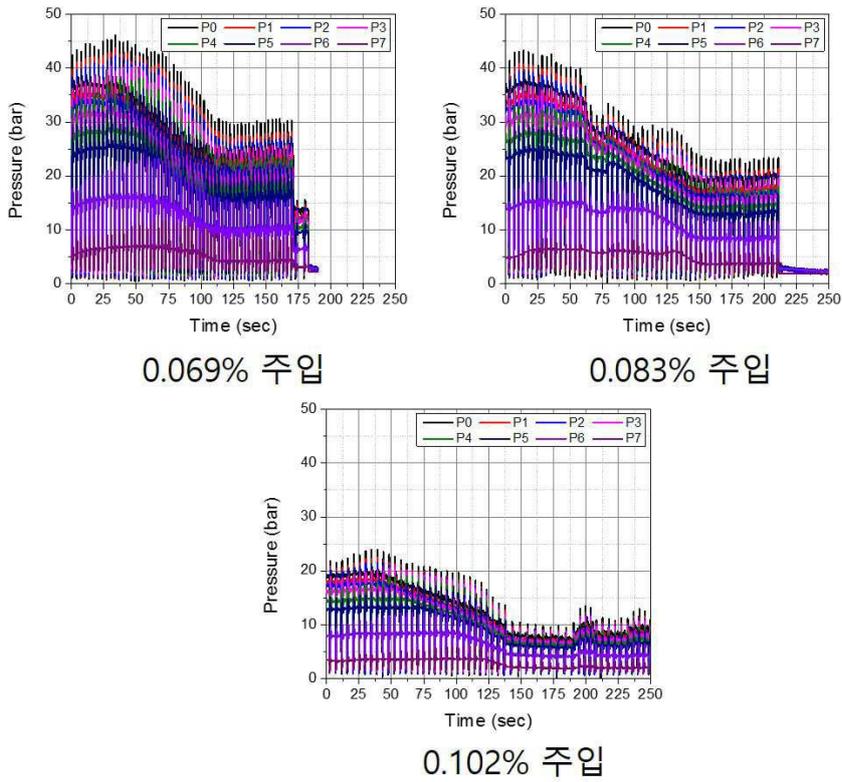
도면5



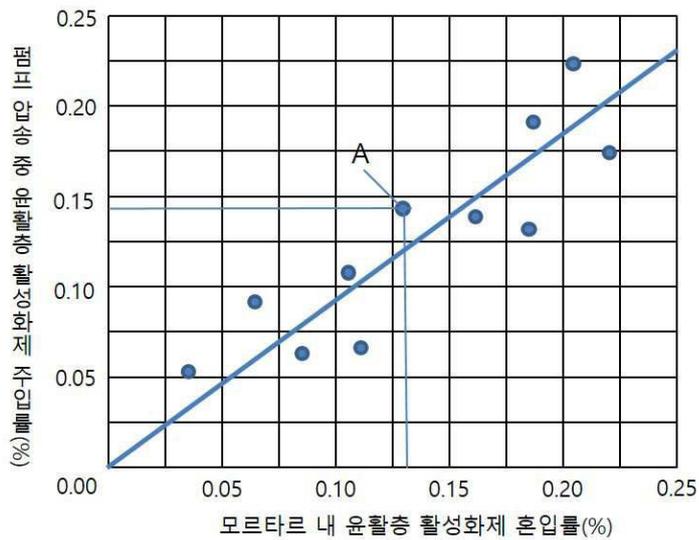
도면6



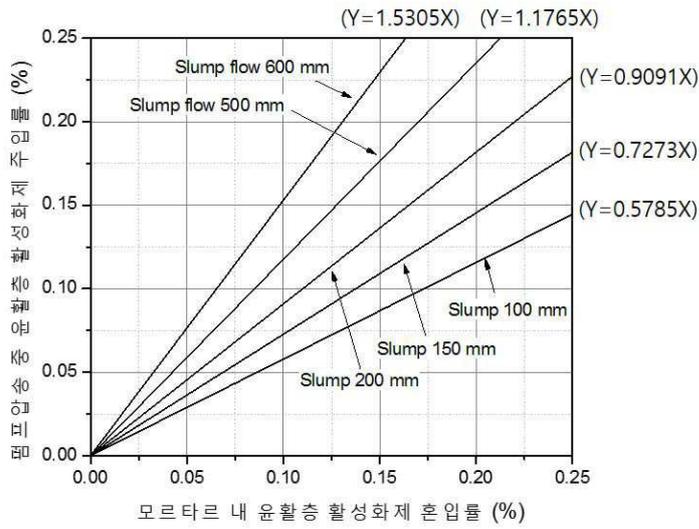
도면7



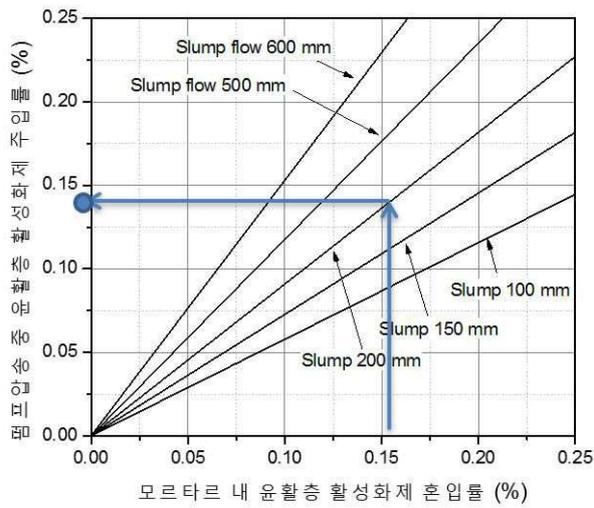
도면8



도면9



도면10



도면11

