

실시간 레미콘 품질관리를 위한 슬럼프 영상 분석 및 모바일 관리 프로그램 설계

김수연*, 박기범**

*계명대학교 산학협력단

**㈜지비소프트

e-mail : sykim388@gmail.com, gbsoft1024@naver.com

Design of mobile management program and real-time analysis of slump image for the quality control of concrete mixer.

Suyeon Kim*, Ki Bum Park**

*Dept. of Industry Cooperation, Keimyung University

**GBSoft Inc.

요 약

본 논문에서는 레미콘 타설 공정에서 스마트폰으로 현장 검사와 품질관리가 가능하도록 모바일 레미콘 품질 관리 시스템을 제안하였다. 또한 현장검사를 디지털화하기 위한 실시간 슬럼프 데이터 처리 부분을 함께 제안하였다. 검사자의 스마트폰을 이용하여 레미콘 현장검사의 영상을 실시간으로 전송하여 오류를 판단하고 레미콘 제품 이상 여부를 현장과 본사에서 실시간 공유가 가능하도록 하였다. 개발대상기술은 실제 결과 값과 영상 이미지 분석 등으로 제품에 대한 이상 여부가 판단되며 회사 및 현장에 적합한 정보 제공이 가능하다. 레미콘 품질 데이터 분석을 기반으로 원자재 관리 데이터와 연동함으로써 레미콘 업종의 가장 큰 문제 사항인 원자재 반입에 따른 최적의 배합 비율 제시가 가능하다.

1. 서론

레미콘은 레디믹스트콘크리트 (Ready Mixed Concrete)의 약자이며 건설 재료의 기본이 되는 제품이다. 레미콘의 제조에 사용되는 기본 재료는 (표 1)에서 보는 바와 같이 시멘트, 골재, 물, 그리고 콘크리트의 특별한 성질을 제공하기 위한 혼화 재료로 구성된다.

시멘트	국내에서는 포틀랜드 시멘트를 주로 사용함
골재	골재는 잔 골재와 굵은 골재로 나누어지며, 깨끗하고, 강하고, 내구적이고, 알맞은 입도로 구성. 얇은 석편, 가느다란 석편, 유기 불순물, 염화물 등의 유해량을 일정량 이상 함유하지 않음.
물	물은 일정 품질기준에 적합한 지하수, 공업용수나 상수도 물을 주로 사용.
혼화 재료	콘크리트 및 강재에 해로운 영향을 주지 않는 것으로 콘크리트의 특별한 성질을 주기 위하여 사용.

(표 1) 레미콘의 재료 구성

콘크리트는 건물의 구조체를 구성하는 주요 자재로서 중요성에 비해 품질 관리에 대한 인식이 미흡하다. 특히 기초 재료로 사용되는 레미콘은 공장에서 미리 설계된 배합 비율에 따라 재료를 혼합하여 제조

한 후 공사 현장까지 운반되는 콘크리트의 기본 자재임에도 불구하고 제작 및 설치 과정에서 발생할 수 있는 품질 관리에 대한 시스템이 구성되어 있지 않다. 또한 문제 발생 시 기존 관리자가 KS 규정에 맞추어 단지 경험적으로 관리가 되어 체계적 관리가 부재한 상황이다. 건설사에서 계약된 초기 배합비의 형태로 KS 규정에 적합한 곳에서 가져온 원자재라도 자원의 특성상 차이가 발생할 수 있다. 따라서 현장 시험 결과 부적합으로 수정이 필요한 경우 신속한 대응과 재생산이 필수적이다. 그러나 이러한 시스템 대응 체계가 현재로서는 존재하지 않는다. 건설현장에서 콘크리트 타설 시 레미콘 공급업체(제조회사)로부터 건설현장에 레미콘이 도착하면 타설 전 현장관리 시험으로서, 레미콘 온도 측정, 슬럼프 시험, 공기량 시험, 염화물 시험 등을 (표 2)를 참조하여 실시하고 있다.

상기와 같은 레미콘 품질 관리는 분리된 단계로 진행함에 따라 관리가 통합적으로 이루어지지 않고 복잡해진다. 일반적으로 기록 대장이 다수 존재함에 따라 기재 및 분석작업이 복잡해지고 품질 관리업무량이 증가함에 따라 제조회사의 레미콘 품질에 대한 평가를 정확히 수행할 수 없게 된다. 또한 계량 오차 및 배합 관리가 순전히 제조회사에 종속되어 시험결과에 대한 데이터 정보화가 상당히 어렵다. 따라서

* 이 성과는 2018년 중소벤처기업부의 창업성장기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. S2621237)

다음 작업의 레미콘 공급업체 선정할 때 이전의 데이터를 활용하지 못하여 적절한 업체 선정이 어렵고 또한 레미콘 시험에 따른 결과물을 통합적으로 관리하지 못하는 문제점이 있다. 레미콘을 생산하여 90 분 이내 타설이 완료되어야 하는 제품의 특성상 생산 후 현장 도착 시 믹서 트럭의 교반 회전율과 날씨 때문에 레미콘에 불량 발생 가능성이 있는데 이를 해결하기 위해 경험자의 경험과 전화 등의 재래 방식으로만 대응을 한다. 많은 경우 신속한 대응이 불가능하여 공사 지연으로 인한 손해와 회사의 불량 제품 폐기 등 막대한 손해가 발생한다.

검사항목	시험방법	판정기준
슬럼프	KS F 2402	- 80mm미만 규격은 $\pm 15\text{mm}/$ - 80이상180이하는 $\pm 25\text{mm}/$ - 190이상은 $\pm 15\text{mm}$
공기량	KS F 2409 KS F 2421 KS F 2449	- 보통콘크리트의 표준공기량은 3~5%/ - 허용차는 $\pm 1.5\%$
온도	온도측정	- 서중, Mass: 35°C - 수밀: 30°C 이하 - 고내구성: $3\sim 30^{\circ}\text{C}$ - 한중: $5\sim 20^{\circ}\text{C}$
단위용적질량(경량콘크리트)	KS F 2409	요구단위용적 질량과 비교
염화물량	KS F 4009 KS F 2515	- 원칙적으로 $0.3\text{kg}/\text{m}^3$ - 높은 내구성이 필요시 $0.2\text{kg}/\text{m}^3$ - 조건에 따라 승인시 최대 0.6 이하

(표 2) 레미콘 현장관리 시험방법

이러한 피해를 최소화하기 위하여 본 논문에서는 현장 시험에 사용하는 각종 품질 데이터와 관련하여 스마트폰의 영상 촬영을 통한 영상 이미지 기술을 이용하여 경험이 아닌 객관적 데이터를 기반으로 한 체계적 분석으로 제품의 이상여부를 판단하고자 한다. 또한 검사 결과 데이터를 이동통신망을 통하여 즉각 회사의 품질 담당자와 자재 담당자, 그리고 출하로 전달되어 신속한 대응과 원인 분석이 가능하도록 시스템을 개발하고자 한다. 이를 위하여 2 장에서는 새로이 구성될 레미콘 품질관리 시스템에 대하여 알아보고 3 장에서는 레미콘 품질 데이터 중 슬럼프 데이터 처리 및 구성, 그리고 서버와의 데이터 전달 방식에 대하여 알아보았다. 마지막으로 4 장에서 앞으로의 연구방향 등을 제시하면서 결론을 도출하였다.

2. 레미콘 품질관리 시스템 구성

건설현장에서 사용되는 레미콘은 제조회사에서 만들어져서 동시에 다양한 건설현장으로 전달되게 된다. 레미콘의 품질관리를 위하여 공장에서 제조된 레미콘을 현장 반입시 감리원과 시공자는 품질 시험을 실시하여야 하는데 필요한 시험은 1 장에서 언급한 것과 같이 슬럼프, 공기량, 염화물 함량, 온도 등이 있다.^[1]

감리원과 시공자는 품질 시험에 미달하는 불량 레미콘이 발생한 경우 즉시 반품 처리하고, 불량 레미콘 폐기 처리 사항을 확인하여 기록을 비치하고 발주자에게 결과를 보고하여야 한다. 이러한 레미콘 불량 실험 절차는 레미콘 품질 시험의 전산화가 미흡하여 특정 레미콘 차의 불량 제품이 판정되어도 불량 레미콘 제조회사의 생산은 계속 이루어져서 현장으로 배달되는 문제가 발생한다. 이러한 문제로 인하여 현장에서 연속적으로 발생하는 불량 레미콘의 처리가 문제되며 건설 재원의 낭비가 심각하다.

본 논문에서는 현장에서 레미콘 품질을 관리하고 이를 제조회사에 실시간으로 통보하여 제조되는 레미콘의 생산 품질을 실시간으로 향상시킬 수 있도록 시스템을 구축하고자 한다. 이를 위하여 레미콘 업체의 제한된 납품 시간과 원재료 관리가 필수적이며 품질관리 시스템을 전산화하여 현장에서 발생하는 레미콘의 품질검사 오류 발생 시 즉시 서버시스템으로 통보하고 오류에 대한 수정 분석과 수정된 레미콘 제작 방법을 생산 과정에 적용할 수 있도록 구성한다.

구현된 품질관리 시스템에서는 현장 검사 시 건설 현장 특성 상 컴퓨터를 동반하지 못하므로, 단순 스마트폰만으로 현장 시험과 신속 대응이 가능하도록 구성하였다. 시험자의 스마트폰을 이용하여 레미콘 제품 현장 시험의 영상 이미지를 실시간으로 전송하여 레미콘 제품 이상 여부를 현장과 본사에서 동시에 파악이 가능하도록 하였다. 기존 품질 관련 프로그램의 경우 레미콘 사업 전반의 이해 없이 단순 원재료 시험 및 제품 시험에 따른 데이터 입력 계산 값을 도출하여 많은 시행 오류와 함께 품질데이터의 실시간 확인이 원활하지 않았다. 그러나 개발대상 기술은 실제 결과 값과 영상 이미지 분석 등으로 정확한 제품에 대한 이상 여부가 판단 가능하며, 회사 및 현장에 동시에 적합한 정보 제공이 가능하다.

본 시스템을 잘 활용할 경우 품질 검사 결과를 기반으로 원자재 정보와 연동시켜 향후 제품 이상 여부에 따른 데이터 분석이 가능하다. 이러한 분석을 기반으로 원자재 관리 데이터와 연동하여 레미콘 업체의 가장 큰 문제 사항인 원자재 반입에 따른 최적의 배합비 제시가 가능하다. 또한 불량에 따른 대응방안 제시가 항상 가능하며 기존 품질관련 프로그램과 달리 회사가 사용하고 있는 ERP 시스템 혹은 통신망과 연계하여 하나의 프로세서로 유기적으로 움직여야 하는 레미콘 사에 최적화되어 제품 이상 발생 시 신속 대응이 가능하다.

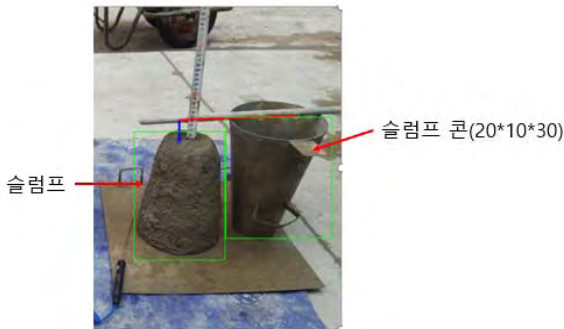
3. 레미콘 품질관리 데이터 구성 및 흐름도

레미콘 품질관리를 위하여 시험자가 확인 가능한 기능별 (슬럼프, 온도, 공기량, 염화물량) 데이터 입력 관리 시스템을 구축하였고, 현장 시험시에 스마트폰 사용자 제어 및 레미콘 슬럼프 측정 프로그램을 개발하였다. 특히 레미콘 품질관리를 위하여 슬럼프의 높이를 자동으로 측정하도록 하였는데, 이러한 영

상 처리를 이용하여 자동화된 모바일 시스템을 개발하였다. 그리고 현장에서 측정된 품질 데이터를 레미콘 종합 관리 서버로 전송하기 위한 데이터 규격을 규정하여 체계적으로 시스템을 구성하였다.

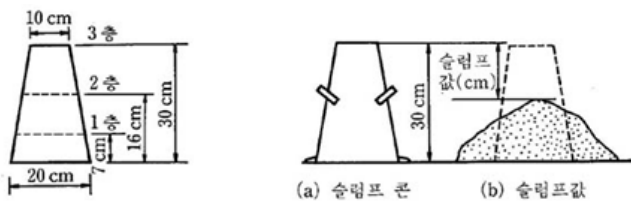
본 논문에서는 슬럼프의 높이를 자동으로 측정하기 위한 이미지 획득과 영상처리 기술에 대하여 설명할 예정이며 서버와 클라이언트 사이에서 주고 받을 데이터 포맷을 XML 을 이용하여 정의하고자 한다. 그리고 공사 현장별 데이터 수집 및 레미콘 실시간 품질 관리 시스템을 구동하여 서로 필요한 데이터를 주고받도록 구성하고 레미콘 기능별 다차원 품질 데이터 및 관련 영상 수신 기능을 제공한다.

슬럼프 시험은 레미콘 품질을 즉석에서 할 수 있는 주요한 시험이다. 첫번째 과정은 (그림 1)에서 보는 바와 같이 지정된 20x10x30(cm) 규격의 슬럼프 콘에 (그림 2)에서처럼 1 층, 2 층, 3 층으로 나누어 천천히 레미콘을 채워서 다진 다음 (그림 1)의 모양으로 슬럼프 콘을 뒤집어 쏟아 붓는다. 두번째 과정으로 이렇게 만든 콘크리트 반죽이 흘러내린 높이를 측정하여 슬럼프 값을 정하는데 사용용도에 따라 허용 오차 범위를 준수하는지 테스트하여 품질을 판정하게 된다. 판정 기준은 (표 2)의 슬럼프 검사항목에 표시된 대로 허용 오차를 기준으로 한다.

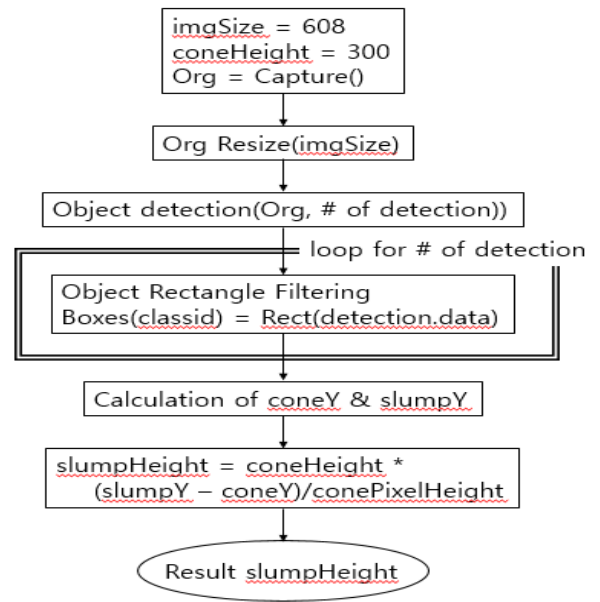


(그림 1) 슬럼프 높이를 이미지로 측정

슬럼프의 높이를 스마트폰으로 측정하기 위하여 슬럼프 콘과 쏟아진 슬럼프를 (그림 1)처럼 배치하고 스마트폰 카메라로 같이 캡처하여 슬럼프 콘과의 상대적 높이를 비교하여 구할 수 있도록 (그림 3)처럼 프로그램을 구성하였다. 스마트폰으로 캡처한 이미지의 가로, 세로 비율이 비슷할수록 각 이미지들의 경계선이 잘 인식되기 때문에 분석할 수 있는 이미지 크기에 맞게 크기를 조정하였다.



(그림 2) 슬럼프 콘의 층별 높이 및 슬럼프 값 측정



(그림 3) 슬럼프 높이를 측정하기 위한 흐름도

(그림 3)에서 보는 바와 같이 coneHeight 는 실제 슬럼프 콘의 높이인 300mm 이다. classid 는 인식하는 객체의 수를 의미하며 슬럼프 콘과 슬럼프 그리고 Circle 이렇게 3 가지인데, Circle 은 원기둥 윗면을 의미하며, 사진이 정면이 아닐 때 사진의 각도를 계산하는데 이용된다. 그리고 Boxes[classid]는 인식된 물체의 정규화된 사각형 크기를 의미하는데 정확한 높이의 계산을 위하여 필요하다. 객체를 정확히 인식하고 객체마다 (confidence)정확도가 가장 높은 결과 값을 사각형의 크기로 저장한다. 스마트폰 카메라를 통해 획득한 영상을 학습 모델의 영상 사이즈로 비율을 조정하기 위해 이미지가 작으면 여백을 넣어 확대하고 이미지가 크면 축소를 시킨다.

슬럼프 콘과 슬럼프가 인식이 되면 높이 측정이 시작된다. ConeY 는 슬럼프 콘의 상단부 Y 좌표로서 슬럼프 콘 상단에 올려진 쇠파이프의 밑변을 기준으로 한다. slumpY 는 슬럼프의 상단부 Y 좌표이며 boxes[2]가 인식이 되면 Y 좌표에 더하여 슬럼프의 윗면 중심을 찾아간다. 슬럼프의 높이 측정은 실제 슬럼프 콘 높이인 300mm 를 기준으로 콘의 높이로 측정된 이미지의 픽셀 수와 슬럼프 이미지의 픽셀 수의 비례로 실제 슬럼프 높이를 측정하게 된다. 이러한 계산식으로 실제 슬럼프 높이 값이 측정되면 5mm 단위로 반올림하여 슬럼프의 높이를 알 수 있다.

이미지를 캡처하여 슬럼프 콘의 상대적 높이를 측정할 때 슬럼프 콘의 쇠파이프 밑변을 찾아 슬럼프까지의 거리를 측정한다. 이 때 카메라 렌즈의 영향으로 물체들이 사진의 모서리에 있을수록 굴절 현상이 나타나 오차가 발생한다. 사진촬영의 위치가 낮을 수록 단면적이기 때문에 높이 측정의 정확도가 증가하며, 위치가 높을수록 입체적이므로 슬럼프 윗면의 기준점을 정하기 어려워 정확도가 감소한다. 그러므로 앱에서는 사용자에게 가이드라인을 제공하여 렌즈의 굴절

현상을 방지하고 촬영 위치도 제한적으로 지정하여 정확한 값을 얻을 수 있도록 지도하여야 한다.

측정된 슬럼프의 값을 서버로 전달하기 위하여 XML 로 데이터를 정의하여 구현하였다. 본 논문에서는 슬럼프의 값을 서버로 전달하는 부분만 구현하였다. 슬럼프의 값을 획득하기 위한 라이브러리는 다음과 같이 정의하였다.

Public static string getSlumpXML(String times, String base, String value, String decision)

해당 API 는 슬럼프의 값을 획득하여 XML 메시지를 생성하는 함수로서 (표 3)에서 보는 바와 같이 API 속성 부분의 시도횟수(times), 기준치(base), 측정값(value), 판정(decision) 부분의 4 가지 속성 변수에 변화가 발생하며 속성에 대한 부분은 대소문자 구분과 띄어쓰기를 지켜야 한다.

mode	times	base	value	decision
slump	1	1(80mm 미만)	측정값	T
	2	2(80-180)		F
	3	3(190 이상)		

(표 3) 슬럼프 API 의 변수와 출력값

슬럼프 API 에 의해 만들어지는 XML 문구는 (그림 4)와 같으며 이러한 XML 문구가 서버로 전달되게 된다.

```
<Server>
  <slump mode="slump" times_V="2" base_V='1'
  value_V="90" decision_V="T">
  </slump>
</Server>
```

(그림 4) 슬럼프 API 의 리턴된 XML 코드

4. 결론

본 논문에서는 레미콘 현장 검사 시 건설현장 특성상 컴퓨터 등을 동반하지 못하므로, 단순 스마트폰만으로 현장시험 검사와 신속 대응이 가능하도록 모바일레미콘 품질 관리 시스템의 슬럼프 데이터 처리 부분을 구성하였다. 시험원의 스마트폰을 이용하여 레미콘 제품 현장 시험의 영상 이미지를 실시간으로 전송하여 레미콘 제품 이상 여부를 현장과 본사에서 동시 파악이 가능하도록 하였다. 기존 품질관련 프로그램의 경우 레미콘 사업 전반의 이해 없이 단순 원재료 시험 및 제품시험으로 데이터 입력에 따른 계산값 도출이 가능하여 많은 시행 오류와 함께 품질데이터의 실시간 확인이 원활하지 않았다. 그러나 본 논문에서 제안한 기술은 실제 결과 값과 영상 이미지 분석 등으로 정확한 제품에 대한 이상 여부가 판단 가능하며, 회사 및 현장에 적합한 정보 제공이 가능하다. 제시된 슬럼프 데이터 처리 기능을 이용하여 추후 레미콘 품질 관리의 다른 요소인 공기량, 염화물 함량, 콘크리트 강도 등의 데이터를 계속 추가할 예정이다.

본 시스템을 잘 활용할 경우 향후 제품 이상여부에 따른 데이터 분석을 기반으로 원자재 관리 데이터와 연동하여, 레미콘 업종의 가장 큰 문제 사항인 원자재 반입에 따른 최적의 배합비 제시가 가능하다. 또한 품질 검사 결과를 원자재의 정보와 연동시켜 제품 이상원인 분석이 가능하며 대응방안 제시가 가능하다. 그리고 기존 품질관련 프로그램과 달리 회사가 사용하고 있는 ERP 시스템 혹은 통신망과 연계하여 하나의 프로세서로 유기적으로 움직여야 하는 레미콘사에 최적화되어 제품 이상 발생 시 신속 대응이 가능할 것이다.

참고문헌

- [1] 국토해양부 건설안전과, “레미콘-아스콘 품질관리 지침”, www.law.go.kr/fIDownload.do?fISeq=12678148, 2012년 11월
- [2] 한국건설기술관리협회, “건설교통부 제정 레미콘 품질관리 지침”, http://www.ekacem.or.kr/include/filedownload.asp?ptype=ia_techpds_t&ptypeid1=category_no&ptypevalue1=1&ptypeid2=num&ptypevalue2=42, 2001년 7월 1일
- [3] 한천구, “레미콘 건축 토목공사의 품질관리를 위한 레미콘 품질관리(V)”, 기문당, 2018년 4월 25일
- [4] 김창휘, 이동식, “콘크리트 품질 관리시스템 및 관리방법”, 대한민국 특허 KR20120087575A
- [5] 위키백과, “XML”, <https://ko.wikipedia.org/wiki/XML>