

# 콘크리트의 제조기술(관리기술)

강 창 운

(쌍용양회공업(주) 성수동 공장 품질관리 실장)

## 1. 서 론

레미콘 배처플랜트에서 레미콘을 제조할 때 중요한 것은 지정한 레미콘의 강도를 확보하는 것에서, 더 좋은 소정의 작업성을 가진 레미콘을 고객에 제공하는 데 있다.

이 작업성의 특성치에 대해 레미콘 분야에는 슬럼프치를 이용하고 있다. 이 슬럼프치에 영향을 주는 요인은 굵은 골재, 잔골재등의 표면수 입도 및 온도 혼합수의 수질 동하중 측정 정밀도·시멘트 종류 등을 열거 할 수 있다. 그 중에 잔 골재의 표면수율의 변동이 최대한 큰 요인이라 할 수 있다.

최근 이 표면수율을 측정하는 정밀도가 우수한 수분계가 개발되어져 레미콘의 관리기술이 비약적으로 진보하고 있는데, 여기서 이 기술을 중심으로 소개한다.

또 한편 과급되어 지고있는 정보 산업계에서는 컴퓨터 다운사이징 개방화에 따라 가격 저하에 의해, 레미콘 분야에도 퍼스컴(P. C)이 확대보급되고 있다.

그 사례를 소개한다.

## 2. 새로운 수분계의 개발

레미콘 플랜트에 있어서 골재표면수율의 자동 측정 방식에 대해, 정전용식량·중성자식·적외선식·중량식 등의 측정장치가 이용되어 지고 있

지만 측정정밀도 및 속도의 문제나, 보수관리의 수단등의 이유에 의해 레미콘 품질관리에 대해서는 반드시 유효하게 사용되고 있지는 않고 있다.

그러나 수년전에 도입된 영국의 하이트로 유닉스社 제품의 마이크로파식 수분계는 이런 결점을 보완해 주목을 받고 있고, 일본내 레미콘 공장에 적용되어 좋은 결과를 얻고있다. 이 수분계는 발신주파수 0.6GHz의 마이크로파를 물질(골재)에 방사되어 그 물질에서 일어나는 전력을 계측하게 되는 센서를 내장함에 따라 수분량을 전압의 변화량에 대해 표시하는 시스템이다.

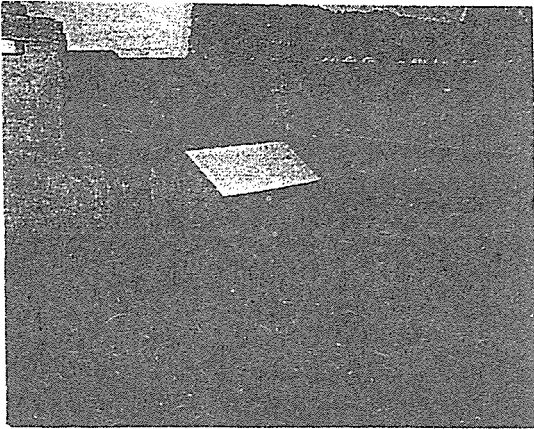
그 관계식은 다음과 같다.

$$V = Ae^{pm}$$

여기서 V : 전압, 수분치 A와 P는 골재의 성질에 따라 변하는 정수이다.

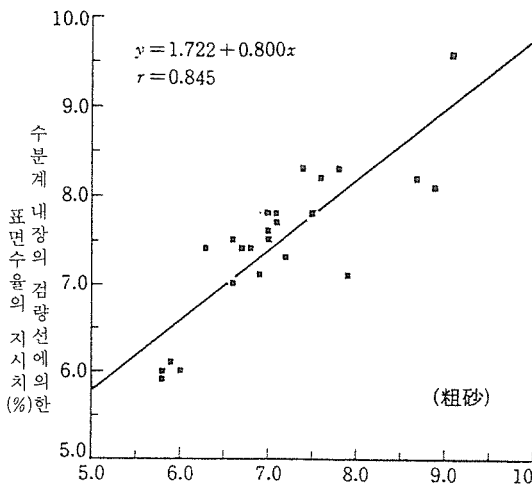
그런데 표면수율이 높은 골재와 낮은 골재의 샘플에 정수 A와 P를 결정 되어지면 임의의 골재 표면수율을 측정하는 것이다. 측정방법에 대해 종래에 생각하는 방법과 달리 고주파수의 마이크로파를 사용하고 있고, 수분중의 불순물은 영향을 주지 않지만 입자조성이 다른 골재는 공극이 변동 되는데 정밀도에 영향을 준다.

사진-1은, 수분계 센서의 설치 예로서 흰색부분은, 센서의 마모를 방지하기 위해 세라믹 코팅을 했고, 이 부분에 골재가 접촉함에 의해 이부분



[사진 - 1 수분계 센서의 설치에]

의 직경 8.0cm이하의 골재표면수율을 밀리 sec 오더에 순간적으로 계측한다. 또한 선택에 따라 어떤 측정 시간내의 평균치도 산출 되도록 되어 있다. 이 예는 골재저장 호퍼 하부에 골재의 자유 낙하면에 센서를 설치해도 되지만 호퍼내 하부의 골재의 흐름이 좋은 곳에 삽입해 측정해도 가능하다.



[JS 법에 의해서 규정된 표면수율(%)]

그림-JIS법에 의해 측정된 잔골재의 표면수율과 수분계 내장의 검량선식에 의한 표면수율의 지시치와의 관계

동일 잔골재 샘플에 본 수분계의 측정치와 JIS 법에 의한 측정결과의 비교를 그림-1에 나타냈다.

JIS법에 의한 편차나 샘플링오차를 고려 하는 것과 정밀도에 대해 실용상 문제는 없는 결과를 얻을 수 있다.

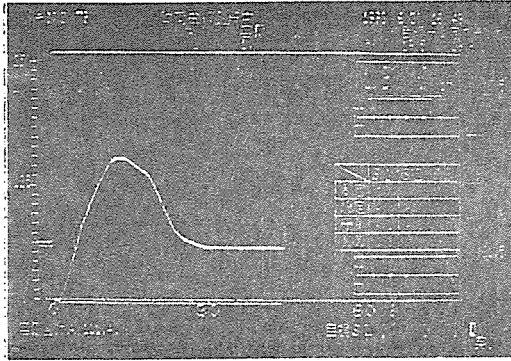
작년 9월에 개최된 일본 토목학회 제49회 년차 학술 강연회서는 5~20mm의 굵은 골재에 실용상 문제가 없는 정밀도에 사용 가능함의 보고가 있기도 했다.

### 3. 슬럼프 모니터의 새로운 전개

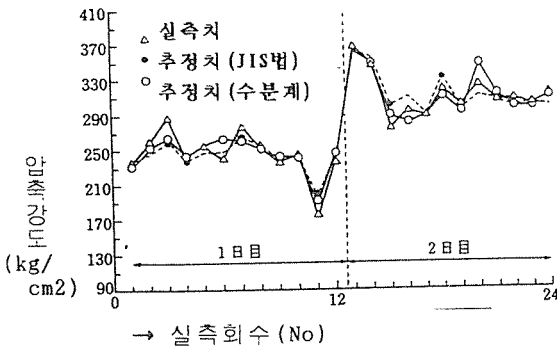
슬럼프 모니터는 레미콘 플랜트의 모터 동력 하부, 때로는 전류치, 유압모터의 경우에는 유압 압력치와 슬럼프치가 음의 상관관계에 있는것을 이용하고, 사전배합 NO, 믹서혼합량, 골재치수 등에 그 관계를 기억 장치에 기억해두고 해당 배치의 부하치를 얻을 때 그 관계를 이용해 슬럼프 치를 추정하기도 했다.

사진-2에 슬럼프 모니터 화면의 일례를 나타냈지만 좌측화면의 종축이 부하동력치, 횡축이 혼합시간인데 흰부분의 곡선이 경과시간에 의한 동력 부하치의 변동을 나타내고 있다. 어떤 시간 경과에 의한 동력 부하치의 변동을 나타내고 있다. 어떤 시간경과에 대해 동력 부하치가 안정한 어떤때의 슬럼프 모니터 기능이지만 전술한 수분계의 출현에 의해 골재의 표면수가 정확히 파악되도록 하기 위해 레미콘 계량 제어반에 따라, 현재 혼합배치의 골재량·혼화제량·시멘트량 등의 하중치를 읽고 취함과 당해 배치의 단위수량 (l / m³) 및 시멘트 및 시멘트몰비(C/W)를 얻을 수 있다. 시멘트몰비는 28일 압축강도와 양의 상관관계에 있고,시멘트종류·혼화제종류·계절 등과 이 관계를 컴퓨터내에 기억해두고, 이 시멘트몰비로 부터 28일 압축강도를 혼합배치마다, 출하전에 온라인에 추정가능하도록 되어 있다.

사진-2의 우측 XX란은 현재 혼합배치의 좌측



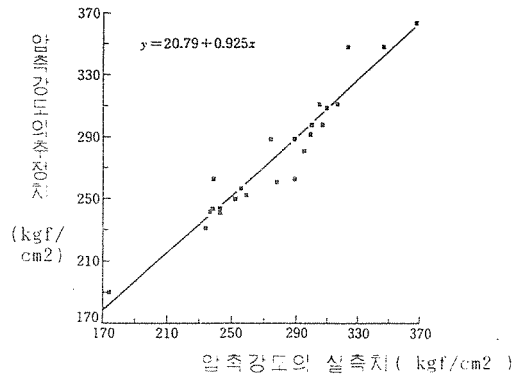
(사진 2 최신의 슬럼프 모니터)



(그림 2 압축강도의 실측치와 추정치의 추이)

부터 순으로 물시멘트·단위수량·추정 28일 압축강도를 표시하고 있다. 이 추정 28일 압축강도의 당해 레미콘을 샘플링해 실측한 28일 압축강도를 구하면 이 두가지의 강도를 비교해보면 그림-2에 시계열 표시를, 그림-3에 두 수치의 산포도를 나타냈다. 그림-3의 직선의 상관계수는 0.95이상이고, 단시간(2일간에 샘플수 24개)에 있어서는 대단히 정확히 나타내고 있다.

이런 실험의 모두는 전국 레미콘 공업조합연합회 기술부와 중앙연구소의 지도아래, 민간기업과 공동으로 진행했지만, 장기간의 동일현상의 결과를 얻을 수 있는지는 현재 검토중에 있다. 혹시



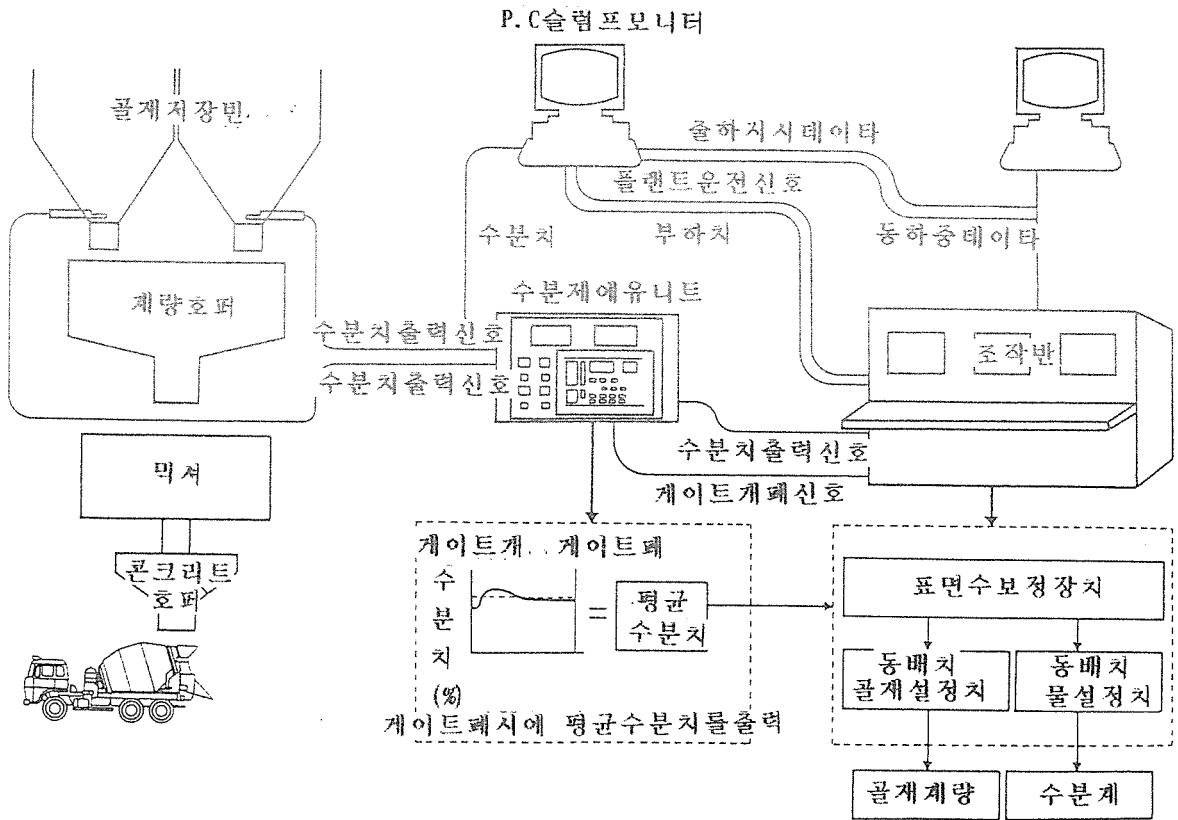
(그림 3 압축강도의 실측치와 추정치와의 관계(수분계))

좋은 결과를 얻을 경우에는, 플랜트 출하 시멘트 출하 시점에서 레미콘의 품질보증이 가능하고 건설현장에의 샘플링과 품질 관리시험의 성역화의 길을 열게되는 기대이다.

#### 4. 슬럼프치 조정용 수분의 자동보정

안정된 즉시 측정되는 수분계와, 슬럼프 모니터의 조합에 의해 슬럼프치를 지정 슬럼프치에 합치 시키기 위해 수분의 보정도, 다음배치 때로는 동시배치의 자동보정이 가능하게 되었다. 레미콘의 배합은 통상 혼합에 의해 콘크리트<sup>mm</sup>당 혼합재료의 표건상태의 중량에 따르지만 골재의 표면수가 부착되어 있을때는, 그 부분의 골재를 중량하고, 혼합수를 감량하지 않으면 안된다. 그 설정치의 결정은 오퍼레이터의 감각에 의존했다. 오퍼레이터에 의존한 수동조작으로부터 자동화에의 큰 흐름이 현재까지 이르고 있다.

그림-4에 수분자동보정의 대표적인 시스템 구성도를 나타냈다. 그림좌측의 레미콘 플랜트의 골내 저장빈의 하부에 설치된 수분계 센서에 의해 계량호퍼에 골재투입중에 골재 표면수율을 전압치로 해 수분계 제어유닛에 송신된다. 이 제어유닛내의 전압치를 수분치에 변환해 슬럼프 모니터와 계량제반에 송신된다. 계량치가 초기 설정치의 60~80%에 달할때 골재 및 혼합수량



(그림 4 수분자동 보정용 시스템 구성도)

성도를 나타냈다. 그림좌측의 레미콘 플랜트의 골내 저장빈의 하부에 설치된 수분계 센서에 의해 계량호퍼에 골재투입중에 골재 표면수율을 전압치로 해 수분계 제어유니트에 송신된다. 이 제어유니트내의 전압치를 수분치에 변환해 슬럼프 모니터와 계량제반에 송신된다. 계량치가 초기 설정치의 60~80%에 달할때 골재 및 혼합수량의 새로운 설정치를 계산해 계량을 완료하는 방법을 동시배치보정 이라하고, 전회 계량시 측정 한 골재의 표면수율을 이용하여 금회에 새로운 설정치를 구하는 방법을 다음배치 보정이라 한다. 이 방법은 구하여진 골재의 표면수율이 사용된 직접보정 하는 방법이지만 보다, 이 측정된 골재의 표면수율을 골재의 새로운 설정치를 결정하

기 위해 이것이 이용되고 혼합수량은 보정 되어진 수량보다 낮게 설정해 혼합을 개시한다.

당연 이 모습은 슬럼프 모니터의 부하 동력곡선은 높기도 하고 지정 슬럼프에 상당한 표준곡선과 차이를 나타낸다. 이 차이를 보면 별도로 설치된 가수설비에서 물을 첨가해 표준곡선에 접근시키기 위하여 지정 슬럼프치에 가까운 슬럼프를 얻는 방법도 행해지고 있다. 이런 방법에도 현 혼합배치의 첨가수량을, 단위 수량으로 해 측정하는것도 필요하고, 지정 슬럼프치의 레미콘을 얻기위해 물을 무제한 가수를 허용하지 않는다.

이런 자동보정의 개발에 의해

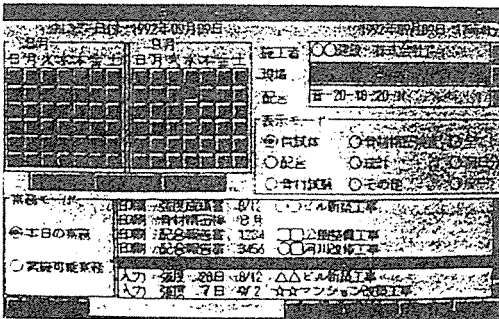
1) 골재의 표면수율이 크게 변동하는 경우에도 안정한 품질의 레미콘이 생산 가능하게 되었다.

이런 사실을 골재 치장의 면적을 감소해 공장의 설비투자를 경감하는 가능성의 길을 열게 되었다.

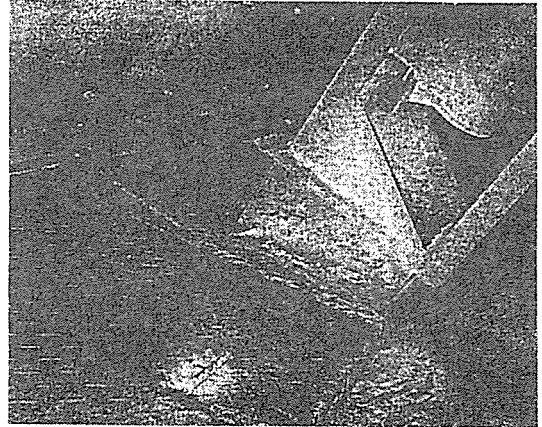
2) 오퍼레이터의 기술이 흐트러짐에 있어서도 품질의 편차에 대해 영향이 적게 나타난다. 등의 효과를 얻을수 있다.

## 5. 레미콘 공장용 품질관리 시스템의 보급

컴퓨터 분야에 있어서 다운사이징 개방화에 의해 퍼스컴의 보급이 눈에 띄고있다. 레미콘 분야에도 대부분의 공장에 얼마간의 행정처리를 컴퓨터에 시키는 시대이다. 그가운데 품질관리 시스템은 그 필두에 있다. 레미콘공장에의 보급율은 70%에 달해 있다. 이 시스템은 JIS에 정하여진 레미콘의 품질관리를 위해 실시된 모든 시험 DATA를 입력해 외부보고용 자료와 실시한 성적표나, 배합고서를 발행하는것의 공기량·슬럼프치·콘크리트 강도등의 시험 DATA를 통계처리하고 품질관리에 필요한 관리도를 작성하는 기능을 가지고 있다. 또한 골재 시험성적표를 작성하는 것도 있다. 이런 필요한 장표류는 130종에 이르고 퍼스컴 화면에 일례를 사진-3에 나타냈다.



(사진 3 품질관리시스템 화면의 예)



(사진 4 초음파 센서 취부예)

## 6. 용적 체크기 개발

레미콘 제조에 관해 JIS에는 레미콘 플랜트 믹서에 혼합한 레미콘의 용적을 측정하는것을 의무적으로 부착하도록 되어 있지만, 간편한 자동 측정기가 없고 대부분은 믹서 하부에 호퍼에 눈금에 의해 목시로 체크하는 현상이 있다.

최근 사진-4에 나타낸것은 초음파 센서를 사용해 측정하는 방법이 개발되어진 것이다. 슬럼프치 8cm이상의 레미콘에 있어서는 0.1m<sup>3</sup>이내의 오차를 측정하고 결과를 보고 하고 있는데 실용화가 임박 하고 있다.(제작사는 이미 특허 출원 중)

## 7. 마무리

본고는 레미콘 플랜트의 제조관리를 중심으로 기술하고 있지만, 이런 기술의 내부에는 콘크리트 제품공장에서도 응용되고 있다. 보고 작성에 있어 일본 레미콘공업조합 연합회의 지도를 받음에 있어 깊은 감사의 뜻을 표하고 마무리 하고자 한다.