

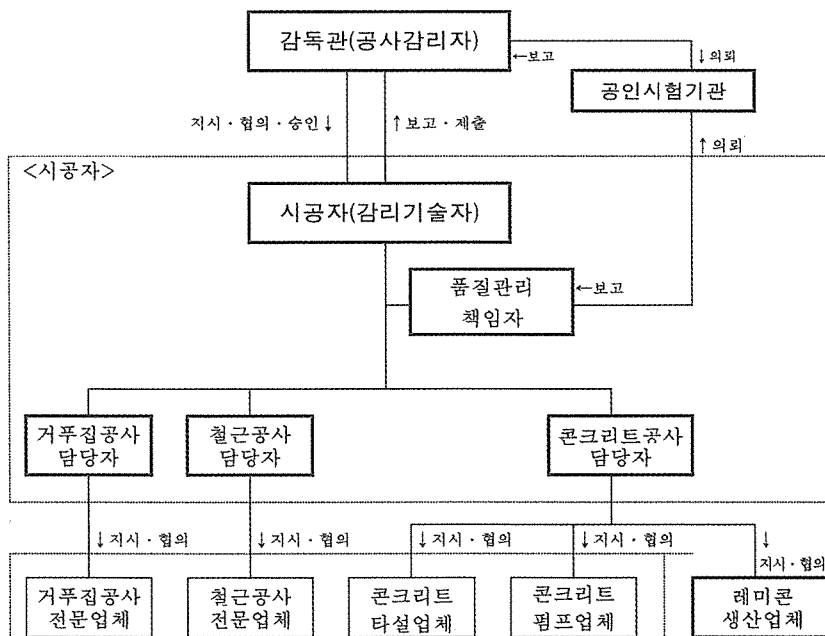
# 레미콘 문제 발생시의 대처방법

원 철

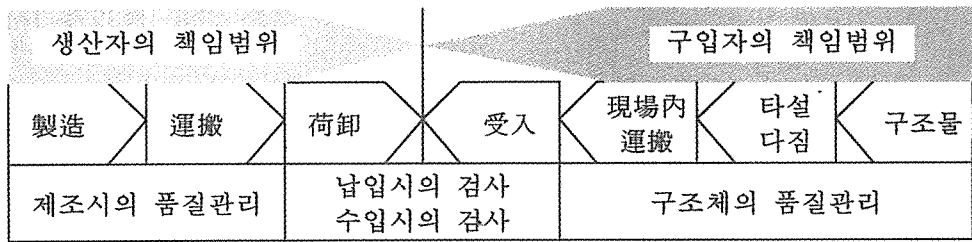
<<주>대우건설 기술연구소 선임연구원

원활한 콘크리트 공사의 수행을 위해서는 레미콘 공장의 위치를 명확히 한 후에 ① 사용 재료의 관리, ② 제조의 관리(공정관리), ③ 제조설비의 관리(운반 포함) 및 ④ 제품의 관리

(짐부리기 검사)의 4가지 중요한 항목의 대해서 충분히 검토하는 것이 중요하다. 여기에서는 레미콘 수입검사시 문제가 발생하였을 경우의 대처방법에 대하여, 강도, 슬럼프 및 공



(그림 1) 철근 콘크리트 공사의 품질관리조직의 예



(그림 2) 레미콘의 품질관리 플로우

기량에 대하여 검토하는 것으로 한다.

[그림 1]은 철근 콘크리트 공사의 품질관리 조직의 예를 나타내고 있다.

레미콘의 품질관리 플로우를 나타내면 [그림 2]와 같다. 이와 같이 제조자와 시공자의 책임범위가 명확하게 나타나 있지만, 현상의 현장시공에서는 KS나 KASS와 같은 규격이나 시방서와는 별도의 것이 요구되고 있는 것으로 생각된다.

#### ■ 공시체 강도부족에 대한 대처

여기에서는 레미콘을 사용한 경우, 구조체 콘크리트의 공시체(강도관리 재령 28일, 현장 수중양생) 압축강도 시험결과가 재령 28일에서 소정의 강도에 도달하지 못한 경우의 조치에 대해서 서술한다.

콘크리트 표준시방서에서는 구조체 콘크리트 강도의 재령 28일에 있어서의 시험결과가 설계기준강도에 도달하지 못한 경우에 감리자의 승인을 받는 것을 조건으로 하여 이하의 (1) 및 (2)가 만족되면 합격으로 하고 있다.

(1) 재령 28일에 있어서의 시험결과가 설계기준강도의 0.85배 이상인 것

(2) 구조체 콘크리트를 더 양생한 후 재령 91일 이전에 있어서 3개 이상의 코아 공시체 또는 봉함양생 공시체의 압축강도 시험결과가 설계기준강도 이상인 것

이것은 본래 실제의 평균기온이 배합설계

시에 사용했던 예상평균기온을 상당히 하회한 경우의 조치로서 나타낸 것이고, 그 밖의 요인에 의해 소정의 강도를 만족하지 않을 가능성이 있으면 원인을 조사하고 다음 번 타설에 피드백하는 것이 중요하다.

## 1. 긴급대책 및 대응방침의 결정

### 1) 긴급대책

구조체 콘크리트의 공시체가 재령 28일에서 소정의 강도에 도달하지 못한 경우, 미리 그 조치에 대해서 감리자와 협의하고 계획해 둘 필요가 있다. 그러나, 실제로는 다양한 경우를 생각할 수 있기 때문에, 먼저 그 원인을 조사하는 동시에 다음 번의 콘크리트 타설에 지장이 없도록 긴급대책을 강구하는 것이 중요하다. 구체적으로는 레미콘 생산자와 충분한 협의를 실시하고, 원인이 판명되기까지 물시멘트비를 낮추어 배합강도를 높게 설정해 두는 것이 좋다.

또한, 구조체 콘크리트의 강도 합격?불합격이 판정되는 것은 타설 후 28일 이후이기 때문에, 4주강도만으로 관리하게 되면 28일간은 대응이 불가능하다. 따라서, 조기에 그 결과를 예측하기 위해 기온과 수입검사에 있어서 1주 강도 공시체(표준양생)의 강도발현상황을 겸해서 관리해 두는 것도 중요하다.

## 2) 대응방침의 결정

최종적으로 구조체 콘크리트가 재령 91일을 넘어도 소정의 강도에 도달하지 못하고, 또한 어떠한 대책도 강구할 수 없는 경우에는 그 부분을 해체하는 것으로 한다. 따라서, 나중에 이어서 상부구조체를 타설할 예정이 있는 경우에는 시공 후의 건전한 구체까지도 쓸데없는 것이 되지 않도록 강도발현의 예측과 최종단계에 있어서의 대책을 검토하여 다음 공정으로의 진행 여부를 판단하고, 행정기관의 담당자 등에게 보고를 포함하여 대응방침을 결정할 필요가 있다.

## 2. 원인을 추정하기 위한 조사

### 1) 공시체의 확인

공시체는 구조체의 강도를 판정하기 위한 중요한 판단기준이 되기 때문에, 그 관리방법을 소홀히 하면 구조체 콘크리트의 강도를 낮게 판정하게 되거나 구조체 자체의 관리까지도 의심스럽게 된다.

따라서, 채취된 직후의 공시체는 진동을 주지 않도록 사람이나 물건이 지나 다니는 부분의 바닥은 피하고, 선반 등에 수평으로 놓아 직사일광을 피하도록 소중하게 보관한다. 특히 여름의 더운 시기에 온도가 상승하기 쉬운 構臺 등의 위에 공시체를 임시로 보관하는 현상이 가끔 보이지만, 초기의 콘크리트 온도상승은 장기강도에 영향을 미치어 공시체가 소정의 강도에 도달하지 못하는 경우가 있기 때문에, 공시체 관리에 만전을 기하는 것이 중요하다. 또한, 반대로 동절기에 있어서는 콘크리트가 동결하지 않도록 수건 등으로 덮어두는 것도 중요하며, 휴일로 이어져서 채취된 공시체는 양생개시가 지연되기 때문에 주의를 요한다.

이와 같이 채취로부터 시험까지의 공시체 취급방법에 대해서는, 그 강도발현에 크게 영향을 미치기 때문에 공시체의 상태(손상의 유무), 3본의 강도발현상황, 시험방법 등을 포함해서 확인한다.

### 2) 양생온도의 확인

공시체가 콘크리트 배합시에 계획된 예상온도보다 낮게 양생된 경우는 강도발현이 지연되기 때문에, 양생 중의 기온과 양생온도를 확인한다. 양생온도가 부족한 경우에는 구조체 자체의 강도발현도 당연히 늦어지기 때문에, 전술한 바와 같이 양생기간을 연장시켜 재령 91일 이전에 있어서 강도의 재확인을 실시한다.

한편, 서중에는 초기의 양생온도가 너무 높아지면 장기강도가 신장되지 않기 때문에, 물시멘트비를 다소 낮추어서 대응하고 있는 레미콘 공장도 있지만, 예년에 없는 무더위의 경우에는 예상을 상회하는 만큼의 강도저하를 불러오는 경우도 있다.

### 3) 수입검사결과의 확인

수입시의 콘크리트 자체의 품질을 조사하기 위해 공시체를 채취한 굳지 않은 콘크리트의 슬럼프나 공기량을 재확인하고, 또한, 호칭강도에 대해서, 재령 28일의 압축강도 시험결과(표준양생)을 확인한다. 수입검사결과가 소정의 강도에 도달하지 못하면, 분명히 콘크리트의 품질에 문제가 있다.

이 경우 또는 수입검사의 품질에 문제가 있는가? 없는가? 불명확한 경우에는 원인을 조사하기 위해 레미콘 생산자의 데이터(출하기록, 재료시험결과, 배합계획서, 시험비법결과, 물시멘트비의 산정식 등)를 확인함과 동시에, 필요에 따라서 레미콘 공장의 시찰점검을 실시

하여 재료나 제조 등의 관리상황을 확인한다. 본래, 레미콘 공장의 시찰시점은 사전에 이루어져야 하는 것이지만, 강도관리에 불명확한 점이 있으면 재시찰을 실시하는 편이 좋다.

#### ① 레미콘 생산자의 데이터 확인

경화된 콘크리트로부터 그 배합을 추측하는 것은 어느 정도 가능하지만, 타설 당시의 상황에서 판정하는 것이 힘들다. 따라서, 실제로 출하된 콘크리트가 적정하였는가의 여부를 파악하기 위해 출하기록이나 재료 및 그 시험결과 등의 확인을 실시한다.

또한, 배합계획에 대해서 다시 확인한다. 통상적으로 레미콘 생산자는 배합계획에 앞서 시험실의 소형 믹서로 시험비빔을 실시하고, 이것과 레미콘 공장의 대형 믹서에서 비빔 경우의 강도발현상황의 차이(일반적으로 소형 믹서보다 B/P에서 비빔 쪽이 강도는 10~20%정도 낮다.)를 레미콘 공장의 실적에 따라 조정하고, 소정의 강도를 발현시키기 위한 물시멘트비의 산정식을 결정한다. 그러나, 지정된 조건에 대해 생산자의 레미콘 제조실적이 적은 경우는 시험실의 소형 믹서에 의한 시험비빔 만으로는 불충분하고, 實機에 의한 시험비빔을 실시하여 배합을 결정할 필요가 있다.

따라서, 이것을 소홀히 하여 실기에 의한 강도발현상황을 파악하지 않은 채 제조된 레미콘에 대해서는 강도발현에 문제를 초래하는 경우가 있다. 원인의 조사시에는 실기에 의한 강도발현상황이 배합계획단계에 있어서 물시멘트비의 산정식에 반영되었는가의 여부를 확인한다.

또한, 사전에 시공자로서도 레미콘 생산자의 실적을 조사하고, 필요에 맞게 실기에 따른 시험비빔을 실시하여 구조체 콘크리트로서의 검사를 실시할 필요가 있다고 생각된다.

#### ② 공장의 시찰점검

주된 공장시찰의 점검항목을 이하에 나타낸다.

- 골재 저장 장소
- 회수수 재이용 설비
- 시멘트, 물, 혼화제의 저장설비
- 재료의 운반설비(밀폐형?파손)
- 재료계량장치(검정결과의 확인)
- 혼합비빔실(재료의 투입상황)
- 제어실(컴퓨터 시스템)
- 운반차(믹서내의 세정 잔수량)
- 출하지령실(지시 · 확인 · 기록)
- 관리체제(이상 시의 지시계통)
- 최근, 설비의 개수 등은 실시하였는가?

#### 4) 기타

관리동 등을 이용해서 현재까지 실시된 공시체의 강도발현상황을 조사하고, 강도가 문제가 되었던 시점에 있어서 조건(배합, 기온, 제조 및 관리방법 등)의 변화가 있는지의 여부를 대응시켜 확인한다.

### 3. 구조체 콘크리트 압축강도의 재확인

관리재령 28일에 있어서 공시체의 강도부족이 판명된 시점에서, 실제의 구조체 콘크리트 압축강도를 비파괴검사(슈미트 햄머에 의한 방법 등)나 코아 공시체로 조사한다.

최종적으로는 재령 91일 이내에서 3개 이상의 코아 공시체 또는 봉함양생 공시체의 압축강도시험을 실시하고, 결과가 설계기준강도 이상이면 감리자의 승인을 얻어서 합격으로 한다.

그러나, 재령 91일의 검사에서도 불합격이 된 부분의 콘크리트 처리방법은 감리자의 지

시에 따르지만, 예상되는 조치방법의 예를 이하에 나타냈다.

- ① 현재상태에서 발현하고 있는 강도에 따라 구조계산(내력진단)을 실시하고, 충분히 안전한가를 검증한다.
- ② 구조체를 보강(내진벽 증설, 철판보강, 콘크리트 타설량 증대)한다.
- ③ 상기 ①, ② 등의 조치가 불가능한 경우, 해체하여 다시 공사를 실시한다.

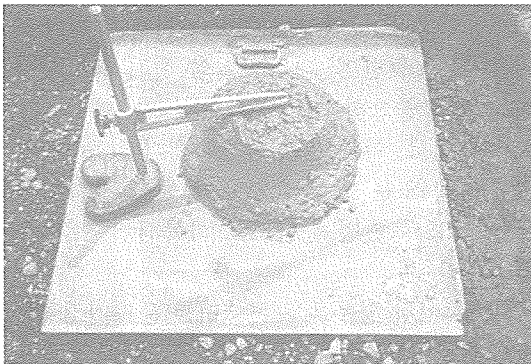
#### ■ 슬럼프가 허용치를 초과

슬럼프는 주로 수량의 다소에 따라 좌우되는 레미콘의 유동성 정도를 나타낸 것으로, 레미콘의 품질을 표시하는 항목의 한 가지이다.

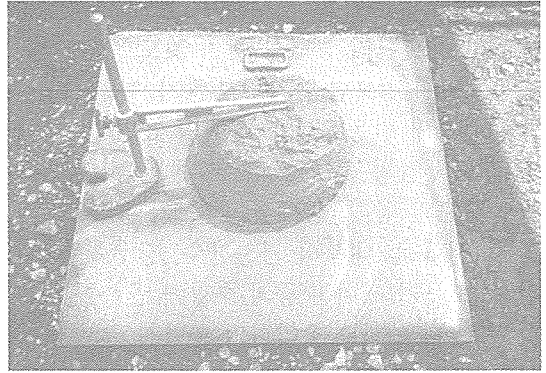
이 슬럼프와 수량의 관계는 사용하는 골재의 입도·형상 등에서 약간의 차이가 있을 뿐, 수량이 많은 경우 커지고(뭉어 지고) 적은 경우 작아 지는(되어 지는) 경향이 있다.

AE감수제를 사용한 레미콘의 경우, 1m<sup>3</sup>당 175~180 l의 수량으로 약 18cm, 155~160 l의 수량으로 약 10cm정도의 슬럼프를 얻을 수 있다.

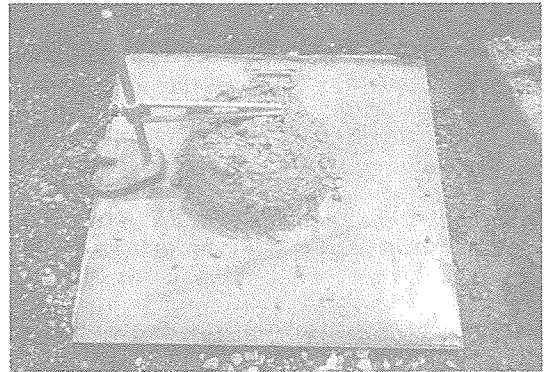
슬럼프 시험([사진 1]~[사진 3])은 레미콘의 유동성이 지정된 것과 같은가의 여부를 확인하기 위하여 실시하고 있지만, 실은, 강도를 알 수 있는 중요한 단서도 부여하고 있다.



(사진 1) 슬럼프 15cm, 상태는 양호함.



(사진 2) 슬럼프 15cm, 가는 재료가 많다는 느낌이 듦.



(사진 3) 슬럼프 15cm, 상태는 불량하고 모르타가 부족한 기미가 있음.

강도를 알 수 있는 중요한 단서란 수량으로서, 슬럼프 시험의 결과로부터 이 수량을 어느 정도의 정밀도로 구할 수 있다. 수량을 알 수 있으면 「콘크리트의 강도는 물(W)과 시멘트(C)의 중량비율(물시멘트비)로 결정된다」라고 하는 사실로부터 콘크리트의 강도를 예측할 수 있는 것이다. 여기에서 사용하는 시멘트량에 대해서는 계량 시의 값이나 현장배합의 값이다. 현장배합의 값을 사용하는 이유는 일반적인 레미콘 KS 허가표시공장에서는 시멘트의 계량에 따른 오차가 당연히 1% 이내에서 관리되고 있어 커다란 오차가 발생하지 않을 것으로 생각하기 때문이다.

또한, 슬럼프의 편차와 강도의 편차가 어느

정도 일치하는가를 조사하는 것으로 레미콘 공장의 품질관리 능력을 아는 것도 가능하다. 변동요인이 많으면 일치하지 않기 때문이다.

슬럼프의 변동요인은 골재의 표면수, 골재의 입도·입형, 시멘트량, 시멘트의 분말도, 미립재료의 양, 잔골재율, 콘크리트 온도, 기온, 믹서 드럼 내부의 세정잔수, 강우, 운반시간 등 모두가 레미콘 중의 수량에 변화를 주는 것으로, 제조 시뿐만 아니라 운반시, 짐부리시기 등 여러 가지에 걸쳐 있다.

이러한 요인을 보면, 슬럼프는 혼합비범마다(1배치마다) 변동하여도 불가사의한 것은 아니다. 이렇게 말하는 것은 레미콘 수입에 있어서 모든 믹서차에 대한 슬럼프 체크가 필요한 것으로 인식된다. 이 경우의 슬럼프 체크는 육안관찰만으로도 충분하고, 특히, 직전에 수입된 레미콘과 비교·체크(이상한 차가 있는 경우에만 슬럼프 시험을 실시한다.)하여도 유효하다.

전차가 길어져 버렸지만 슬럼프가 허용치를 초과한 경우의 처치에 대해서도 생각해 보아야 한다.

허용치를 초과한 경우는 묽은 경우와 된 경우의 2가지이다. 묽어서 초과한 레미콘은 혼합비범 수량이 배합설계 수량보다 많은 것은 틀림없고, 당연히 강도는 낮다. 따라서, 반품의 대상이 되지만, 이 경우 슬럼프 규격의 1.2배 정도(1.5→2.0cm, 2.5→3.0cm)의 초과이면 강도가 현저하게 저하하는 것도 아니고, 타설하는 방법으로 보상할 수 있기 때문에 반품여부에 대해서 고민하게 된다. 이 경우의 강도저하는 수량의 많음에 따르지만, 수량이 많은 만큼 공기량도 감소하고, 공기량이 감소한 만큼 강도가 조금 향상되기 때문에, 控除하여 약 10~15%정도 강도가 저하하게 된다. 이것은 다짐작업을 채용함으로써 향상되는 강도의 범위(10~20%)에 상당하기 때문에, 레미콘차

마다의 편차를 잘 고려하여 원만한 변화의 가운데에 있는 경우에는 사용해도 어쨌든 문제는 아니다.

단, 사용하는 경우에는 묽은 상태 그대로 사용하는 것이 아니라 목표 슬럼프의 질기가 되기까지 짐부리기를 지연시키던가, 타설 후의 다짐작업 시기를 지연시키는 등의 대책이 필요하게 된다. 이와 같이 하면 목표 슬럼프의 레미콘과 동일한 다짐효과를 기대할 수 있기 때문이고, 부드러운 상태 그대로 다짐작업을 실시하면 단지 재료분리가 발생하는 만큼 역효과인 경우마저 있기 때문이다.

그렇지만, 나중에 물을 첨가해서 묽어진 경우는 완전히 이야기가 다르다. 이 경우는 무조건 반품하는 쪽이 좋다. 나중에 물을 첨가한 경우, 슬럼프 1cm 증대시키기 위한 수량이 공장에서 혼합비범 시에 요하는 수량의 1.2~1.5배 이상 필요하게 되기 때문이고, 그 밖에도 첨가된 물이 잘 혼합되지 않고 부분적으로 현저하게 강도를 저하시키기 때문이다.

된 슬럼프의 경우는 허용치를 벗어난 슬럼프라고 하여도 기본적으로는 수량이 적기 때문에 강도적으로는 문제가 없다. 이 경우, 레미콘의 배합에 틀림이 없다는 것을 레미콘 납입전표(송장) 및 레미콘 공장 시험실 등에 연락하여 확인하고, 또한 그러한 된 상태로 타설하는 시공태세가 있는 것을 확인한 후에 사용한다. 사용에 있어서는 콜드조인트가 발생하지 않도록 충전 및 다짐작업을 철저히 실시하는 것이 중요하다.

여기에서, 이와 같은 시공태세가 없는 경우, 유동화제 또는 고성능 감수제 등을 첨가해서 당초 목표로 했던 슬럼프로 회복시킨 후 사용한다.

단, 어떠한 경우에도 콘크리트 온도가 35℃, 운반시간이 30분을 넘지 않는 것을 조건으로 한다. 강도면에서는 아무런 문제가 없다고 해

도 경화시간을 지연시키는 대책(응결지연제를 사용하는 등)이 마련되지 않는 경우에는 타설 불량개소(곰보)나 콜드조인트가 발생하기 쉽기 때문에 반품해야 한다.

필자의 경험으로 보면, 우량한 레미콘 공장의 레미콘에서조차 「슬럼프의 불합격은 5%정도인 것이 보통」이다.

레미콘을 사용하는 측의 각오로서 이러한 사실을 확실하게 인식하고, 목표 슬럼프의 된쪽(슬럼프 15cm의 경우에는 12.5cm)을 타설 목표로 하고자 하는 자세와, 된 레미콘을 무조건 받아들이려고 하는 시공태세(Ø50mm이상의 바이브레이터, 다짐 작업원)를 적정하게 준비하는 것이 가장 현명한 대처법이 된다.

#### ■ 공기량이 허용치를 초과

레미콘에 포함되는 공기는 AE제(공기연행제)에 의해서 연행되는 공기(연행공기)와 혼합비법에 달려 들어가는 공기(간힌 공기)가 있다.

이 가운데 연행공기는 미세(약 10~100 $\mu$ m)하면서도 베어링과 같이 구상으로 독립해 있고, 이 기포의 평균간격을 나타내는 기포간격이 150~200 $\mu$ m정도이기 때문에, 콘크리트의 동결융해 저항성을 현저하게 증대시킴과 동시에, 콘크리트의 작업성도 개선한다.

연행 공기량은 AE제의 첨가량에 비례해서 증가한다. 또한, 연행 공기량이 많으면 동결융해 저항성은 향상하고, 반대로 강도는 낮아진다. 이러한 사실로부터, 연행 공기량의 목표치는 동결융해에 대한 저항성을 얻을 수 있고, 또한 강도를 손상시키지 않는 범위로 설정되어 있다.

한편, 간힌 공기는 기포경이 크고 진동 등을 받으면 쉽게 부서지는 공기로서, 레미콘의 성능개선에는 거의 기여하지 않은 것으로 보여진다.

공기량에 영향을 미치는 인자로서는 시멘트량, 시멘트의 분말도, 수량, 미립재료의 양, 잔골재율, 잔골재의 입도분포, 운반방법, 운반시간, 콘크리트 온도, 기온 등이 있다.

AE제도 이러한 인자와 미묘한 상관성이 있다고 생각되기 때문에, 이러한 상관성을 확인하는 것도 중요하다.

공기량을 측정하는 방법으로서는 중량법(KS F 2409), 용적법(KS F 2449), 공기압



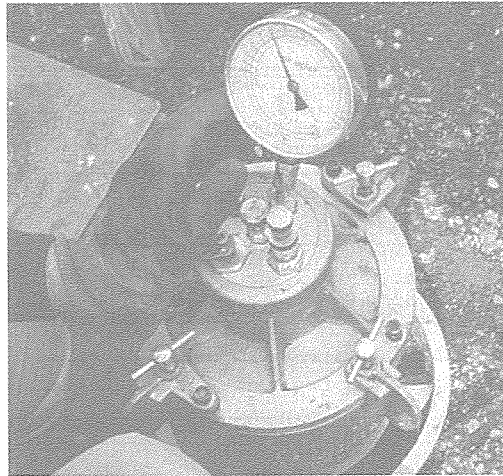
[사진 4] 시료충전



[사진 5] 표면 마감 작업



(사진 6) 표면 마감 후



(사진 7) 공기량 측정

력법(KS F 2421)((사진 4~7))의 3가지 방법이 있고, 일반적으로 보통 콘크리트의 경우는 공기압력법이, 또한 경량 콘크리트의 경우에는 용적법이 사용되고 있다.

공기압력법의 경우, 사용된 골재에 공극이 많으면, 그 공극에 포함된 공기를 레미콘 중에 연행된 공기로 잘못 간주해 버리기 때문에, 공기량 시험에 앞서 사용하는 골재의 수정계수를 구해 둘 필요가 있다.

단, 천연골재의 경우, 이러한 골재수정계수의 값이 작기 때문에, 골재수정계수에 의한 보정은 무시하는 것이 보통이다.

공기량을 측정하는 목적은 동결융해에 대한 저항성의 유무와 슬럼프와의 관계 가운데서 예측되는 강도 등에 대해서 미루어 생각하는 것이고, 이러한 점이 요구를 만족시킬 수 있는가를 확인하는 것이다.

이전의 KS규격에서는 한랭지( $4.5 \pm 1.0\%$ )와 그렇지 않은 지역( $4.0 \pm 1.0\%$ )으로 규격의 허용범위가 달랐다. 이것은 공기를 연행시키는 목적이 다르기 때문으로서, 동결융해에 대한 저항성을 중시하는 경우와, 작업성 등에 기대를 하는 경우의 2가지가 있기 때문이다.

그렇기 때문에, 공기량 시험 결과의 판정에 있어서, 공기를 연행시키는 목적을 잘 고려한 판단이 필요하다는 것을 알 수 있다.

예를 들면, 동결융해에 대한 저항성을 중시하는 경우, 현행 규격( $4.5 \pm 1.5\%$ )의 하한치 3%를 하회하는 공기량으로는 너무 적어서 불안하다. 그러나, 상한치 6%를 다소 상회하는 경우라도, 동결융해에 대한 저항성은 증대하기 때문에 받아들일 가치는 충분하다.

이와는 반대로, 작업성 등에 기대하는 경우, 현행 규격( $4.5 \pm 1.5\%$ )의 하한치 3%를 하회하는 공기량이라도 특별히 문제가 되지 않는다. 그러나, 상한치 6%를 상회하는 경우에는 강도가 낮아지기 때문에 반품하는 쪽이 무난하다.

단, 공기량이 1~2% 많게 초과하는 레미콘이라도 바이브레이터를 사용함으로써 거푸집 내에 타설된 레미콘의 여분의 공기(간힌 공기)를 추출하는 것이 가능하다면, 그렇게 강도는 저하하지 않기 때문에 이 레미콘을 사용하는 것은 가능하다.

우량한 레미콘 공장이 제조한 레미콘이더라도 공기량의 허용범위를 벗어나는 불량률은



2~3%이다. 그러나, 여기에 서술한 것과 같이, 벗어난 내용에 따라서는 그 레미콘을 반품시키지 않고 사용할 수 있는 것도 사실이다.

여담이지만, 공기량의 편차는 의외로 크다. 1대의 믹서 트럭에서 동시에 채취한 시료에 대해서, 5대 이상의 공기량 측정기를 이용해서 동시에 공기량 시험을 실시한 경우, 놀랍게도 최대치와 최소치의 차가 최저 0.5%이상, 많은 경우는 2%이상도 발생하는 경우가 있다. 이 편차에 대해서는 확실하게 인식해 둘 필요가 있다.

또한, 0.1%의 수준에서 합격 불합격을 판정하는 것에 무리가 있는 것이 아닌가? 라고 하는 의문이 있다. 그것은 앞서 서술한 바와 같

이, 1대의 믹서 트럭에서 채취된 시료를 시험한 결과의 최대와 최소의 차가 0.5%이상에 달한다고 하는 현실에서, 채취시료가 대표적인 샘플로서 간주할 수 있는가? 라고 하는 점에 있어서 확증이 없는 점과, 공기량의 시험방법 ([사진 4~7]) 그 자체에 개인차가 크다는 (0.3%를 넘는 경우도 많다.) 점이 있다.

이러한 사실은 얻어진 결과에 대해서 폭을 갖는 유연한 자세에서의 판정 및 처치가 요망된다.

실은 필자가 공기량의 허용범위에 대해서, 이전 KS규격(4.0±1.0%)을 목표로 하고, 판정은 신규격의 범위(±1.5%)를 채용하고 있는 것은 이 때문이다.

