

특 집

|| 레미콘 플랜트 설비와 콘크리트 품질 ||

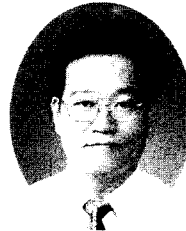
레미콘 플랜트의 현황 및 관리

- 원재료 수입, 저장 및 계량설비

- Status and Management of Ready - Mixed Concrete Plant -



김상웅*



최재진**



방기창***

1. 레미콘 플랜트의 발전과정 및 현황

독일의 건설업자였던 마겐스(J. H. Margens)가 1903년 스타른베르크(Starnberg)에 레미콘 플랜트를 건설하고 레미콘의 제조 특허를 받은 것을 레미콘 산업의 시작으로 본다.

미국에서는 독일보다 10년 늦은 1913년 메릴랜드(Maryland)주의 볼티모어(Baltimore)시에 플랜트의 고정 믹서로 혼합한 다음 운반하는 중앙혼합방식(central mixing system)의 레미콘 플랜트가 건설되었다. 그러나 이때는 플랜트에서 혼합하여 덤프트럭으로 운반하는 방식이었기 때문에 품질문제가 발생할 수 있어 크게 환영을 받지 못하다가 1926년에 이르러 트럭믹서의 발명으로 레미콘 산업발전의 큰 계기를 마련하였다. 초기부터 미국의 경우는 공급지역이 넓은 특징이 있어 플랜트에서 재료만 계량하여 트럭믹서에 적재하여 운반 중에 혼합하는 트랜짓 믹싱 방식(transit mixing system)이 성행해 왔다.

일본에서는 레미콘 플랜트가 1949년 동경에 세워졌으며 초기에는 이곳에서도 덤프트럭을 사용하여 운반하였기 때문에 콘크리트의 재료분리문제가 있어 슬럼프값이 작은 포장용 콘크리트의 생산 등에 주로 이용되다가 그 후 덤프 트럭에 교반용 에지테이터 또는 수평형 드럼 믹서를 장착한 운반차의 출현으로 품질문제를 해결하게 되었다.

우리나라에서 최초로 레미콘 플랜트가 세워진 것은 1965년 7월이며, 그 플랜트는 서울의 용산구 서빙고동에 위치하였는데 한강을 가로지르는 동작대교의 건설로 철거되었다. 우리나라에서 레미콘 산업을 시작한 회사는 1975년 쌍용양회공업(주)로 합병된 대한양회공업(주)로서 1965년 시작 당시에는 배치 플랜트 1기, Hi-Lo형 트럭 믹서 15대로 출발하였다. 배치 플랜트는 계량방식으로 풀 와이어 시스템(pull wire system)을 사용하였고 가경식(tilting type) 믹서 2기를 갖추었다. 국내에서 두 번째의 레미콘 공장은 1969년 4월 서울의 원효로에 세워졌다. 여기에는 당시로서는 최신의 계량방식이라 할 수 있는 펀치 카드 시스템(punch card system)이 도입되었고 레미콘 운반을 위해 3.5m³ 용량의 에지테이터 트럭 90대가 수입되었다.

레미콘 플랜트의 국산화는 1978년부터 이루어지기 시작했고 같은 해 동이자동차에서 에지테이터 트럭을 생산하기 시작함으로써 레미콘 생산과 운반을 위한 모든 설비에 국산화를 이룩하였다. 1976년까지는 전국에 7개 공장을 신설하면서 쌍용양회공업(주)만이 레미콘을 생산하였으나 그 이듬해부터 여러 회사가 참여하기 시작하여 1978년에는 9개 회사로 늘어났고 1980년대에 들어서면서 국내 건설경기의 활성화에 힘입어 주로 시멘트 2차 제품 공장을 비롯한 중소기업체의 참여가 더욱 가속되었다. 특히 1980년대 후반 이후에는 올림픽 관련공사, 정부의 주택 200만호 건설, 지하철 건설 등 사회간접자본의 확충 등으로 건설경기가 크게 활성화됨에 따라 레미콘 산업은 고도의 성장을 이룩하게 되었다. 그 결과 1985년에는 79개 회사, 148개 공장으로 증가

* 정회원, 쌍용양회(주) 레미콘 품질관리팀장

** 정회원, 천안공업대 토목과 교수

*** 정회원, (주)스페코 기술이사

하였고, 1990년에는 260개 회사, 363개 공장으로 증가하였으며, 2001년 12월말 현재 전국적으로 581개 회사, 735개의 공장으로 증가하였다.(그림 1)

레미콘의 생산능력은 2001년 말을 기준으로 시간당 약 17만 m³, 연간으로는 3억 4천만 m³의 생산능력을 갖게 되었으며, 실

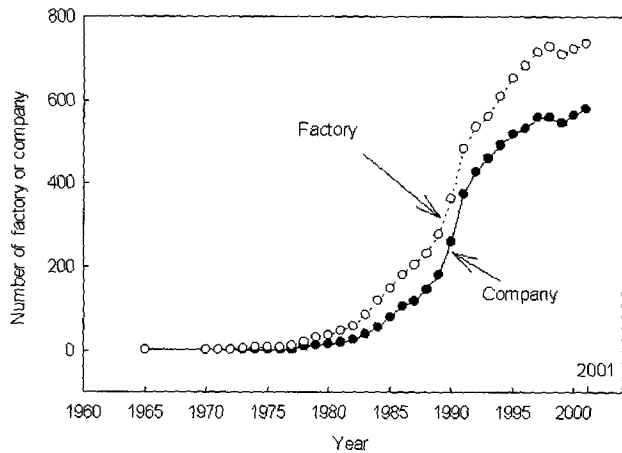


그림 1. 연도별 레미콘 제조회사 및 공장의 증가 추이

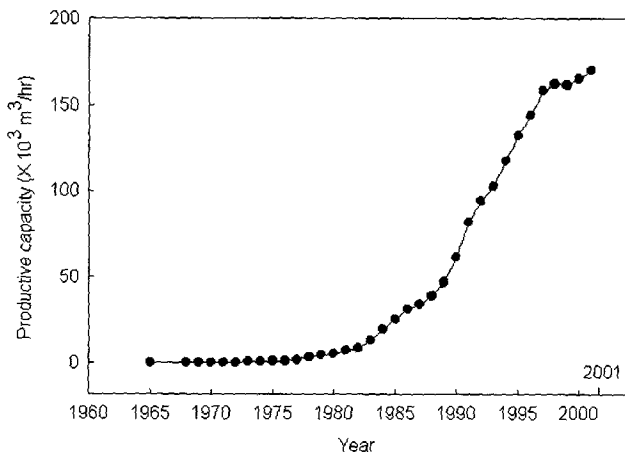


그림 2 연도별 레미콘 생산능력의 증가 추이

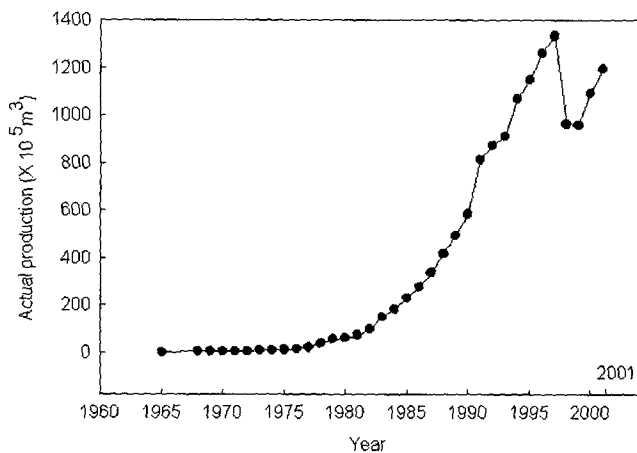


그림 3. 연도별 레미콘 생산량의 변화 추이

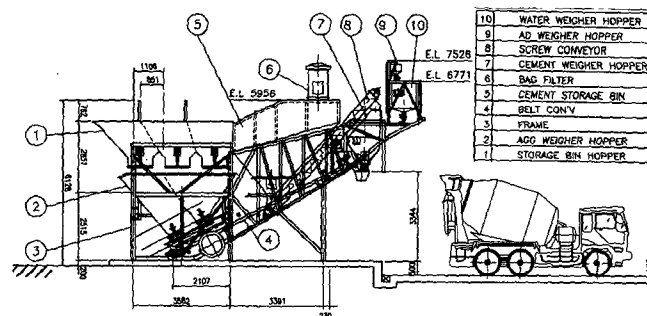
제 생산량은 레미콘 산업 원년에는 약 4천 m³이었던 것이 1970년 24만 m³, 1980년 590만 m³, 1990년 5천 8백만 m³ 그리고 2001년에는 1억 2천만 m³에 이르게 되는 등 레미콘 산업은 실로 비약적인 발전을 거듭해 왔다.(그림 2, 그림 3)

2. 레미콘 플랜트의 구조 및 설비 배치

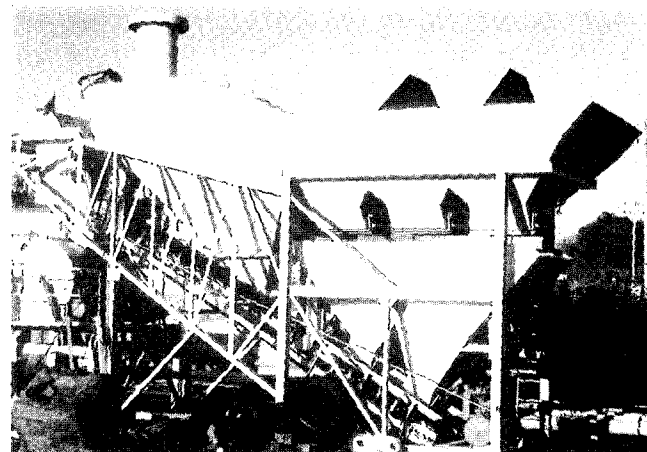
레미콘 플랜트는 설비를 한 곳에 고정시킨 정치형(定置型)과 타설현장 가까이 이동 설치할 수 있는 포터블 형식으로 대별된다. 콘크리트를 혼합하기 위해 사용되는 믹서는 1배치 분량씩 혼합하는 배치식 믹서와 연속적으로 혼합하는 연속식 믹서가 있다. 레미콘 공장에서는 배치식 믹서를 사용하기 때문에 레미콘 플랜트를 배치 플랜트(batch plant)라고 부르고 있다.

미국의 경우 도심지 밖의 공장에서는 고정믹서가 없는(그림 4)와 같은 포터블 형식의 소규모 플랜트에서 재료만 계량 받아 트럭 믹서로 혼합하는 방식이 많이 사용되고 있다. 이러한 방식은 영국과 이탈리아에서도 사용되고 있으며, 시멘트, 골재탱크, 계량장치, 믹서 등을 모아서 트레일러와 트럭샷시 위에 탑재시킨 모바일 믹서도 나와 있다.

우리 나라에서는 레미콘에 관한 한국산업규격에서 배치 플랜트

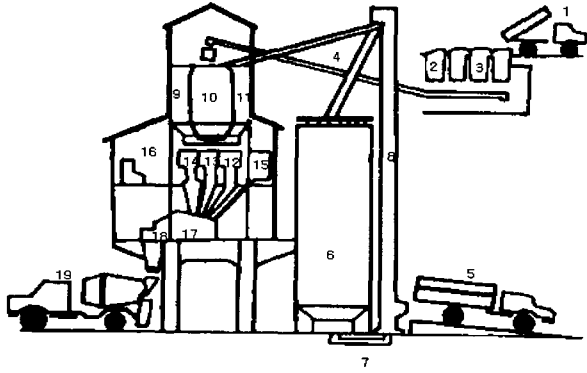


(a)



(b)

그림 4. 포터블 형식의 배치 플랜트



- | | |
|----------------|-------------------|
| 1) 골재 운반차 | 10) 시멘트 저장조 |
| 2), 3) 골재 야적장 | 12), 14) 골재 계량조 |
| 4) 벨트 컨베이어 | 13) 시멘트 계량조 |
| 5) 시멘트 수송차 | 15) 물 계량조 |
| 6) 시멘트 사일로 | 16) control panel |
| 7) 스크루 컨베이어 | 17) 믹서 |
| 8) 버킷 엘리베이터 | 18) 호퍼 |
| 9), 11) 골재 저장조 | 19) 레미콘 운반차 |

그림 5. 탑형 배치 플랜트의 구성

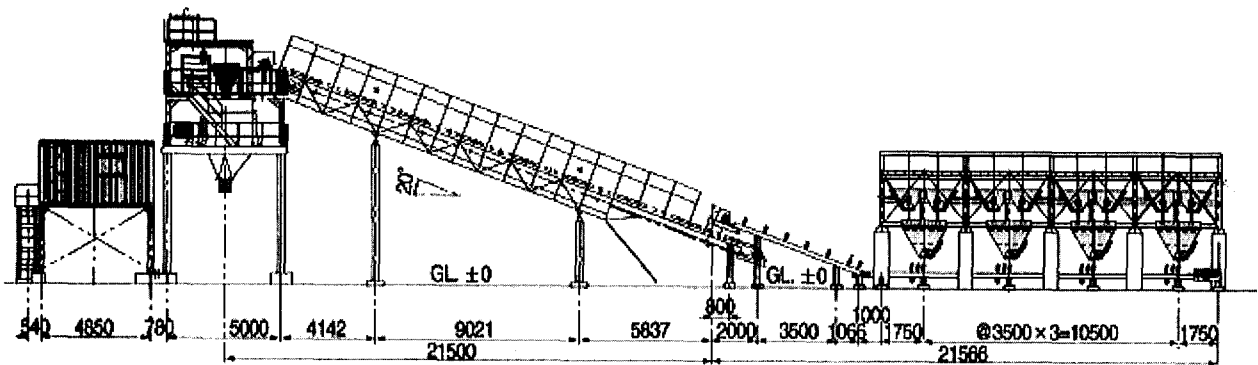


그림 6. 횡치형 플랜트의 구성

에서 비비기를 마친 콘크리트만을 대상으로 규정하고 있어 KS 표시 허가공장으로 지정을 받기 위해서는 중앙혼합방식을 택해야 하기 때문에 구미(歐美)와 같은 다양한 방식의 선택은 허용되지 않는 환경에 놓여 있으며, 국토가 좁은 관계도 있고 비교적 타설 현장 가까운 곳에 정치형 플랜트를 설치할 수 있었기 때문에 일찍부터 중앙혼합방식이 발달하여 왔는데 이러한 경향은 일본, 독일 및 프랑스의 경우도 같다.

중앙혼합방식의 배치 플랜트는 일반적으로 재료의 저장설비, 이송설비, 계량설비, 혼합설비, 관리장치 및 기타 부대설비로 구성되는데 이것은 다시 골재의 계량부분과 믹싱 부분이 같이 있는가 아니면 별도로 설치되었는가에 따라 탑형(塔型, tower type)과 횡치형(橫置型)으로 나뉜다.

〈그림 5〉는 탑형의 배치 플랜트를 나타낸 것으로 골재 저장조와 골재 계량설비가 믹서의 위쪽에 설치되어 있다. 횡치형의 배치 플랜트는 골재의 계량부분이 믹싱 부분과 별도로 설치되어 있으며, 골재의 계량부는 지상 또는 지하에 설치된다. 〈그림 6〉은 우측에 표시된 골재 계량부가 지상 위에 있는 구조로서 철거가 용이하기 때문에 건설공사현장에서 많이 사용되며, 〈그림 7〉과 같이 계량부를 지하에 두는 방식은 레미콘 공장에서 널리 사용되고 있다.

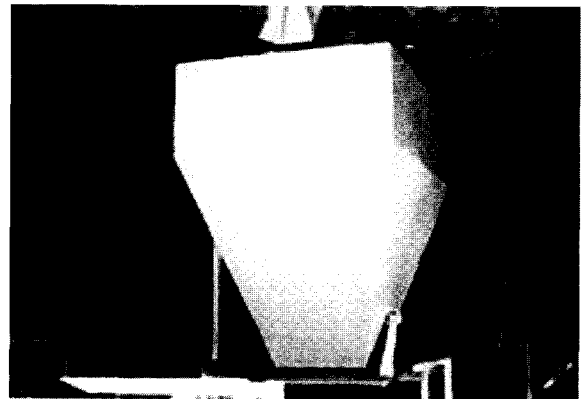


그림 7. 골재 계량부를 지하 터널에 둔 예

우리 나라에서 레미콘 산업이 시작될 당시는 탑형 플랜트가 많이 세워졌으나 1985년 (주)스페코가 횡치형의 플랜트를 개발 보급하기 시작한 이후 현재까지 대부분 횡치형의 배치 플랜트가 주로 설치되고 있다. 탑형 배치 플랜트의 경우는 골재 이송용 벨트 컨베이어의 각도를 일정 범위 이내로 하기 위해 넓은 부지가 필요하며 또 배치 플랜트의 제작비가 높아진다. 그러나 탑형 플랜트의 골재 저장조는 저장할 수 있는 양이 400 m³ 정도까지 되며, 이는 골재 표면수량의 관리 측면에서 유리하기 때문에 레미

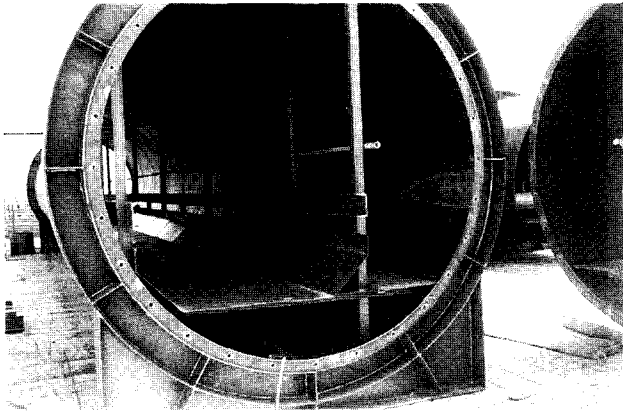


그림 8. 벨트 컨베이어 외부의 원통형 케이스

콘의 품질관리를 위해서는 횡치형보다는 탑형이 보다 바람직한 형식이라고 말할 수 있다.

3. 재료 수입 및 저장설비

3.1 골재 저장 및 이송장치

골재의 저장시설은 골재의 종류별로 각각 분리시켜 저장할 수 있으며 서로 섞이지 않는 구조이어야 한다. 바닥은 콘크리트가 좋고 배수시설을 갖추어야 하며 레미콘 1일 출하량의 최대치에 상당하는 골재를 저장할 수 있는 용량이어야 한다. 이는 골재의 품질이나 표면수량의 변화에 대하여 미리 적절한 배합조정이 이루어지도록 하기 위함이다.

우리 나라의 레미콘 공장에 널리 보급된 횡치형 플랜트는 재료 공급호퍼와 계량호퍼로 구성되는 골재 공급장치를 지면 아래에 두며 각 호퍼에서의 재료 배출은 에어 실린더로 작동하는 게이트에 의하여 공급하도록 되어 있다.

이때 골재 저장조는 페이로더에 의한 골재의 공급이 시작되는 곳으로 상부에는 체를 설치하여 크기가 큰 골재의 유입을 방지하는 것이 필요하며, 잔골재 저장조에는 골재의 흐름을 돕기 위한 진동모터를 부착시키는 경우가 있다. 이때 과도하게 진동모터를

작동시키면 철판에 균열이 발생되고 잔골재가 오히려 다짐에 의해 막히는 현상이 생길 수 있으므로 적절한 시간 동안 작동시켜야 한다.

골재를 야적장 등의 저장시설로부터 배치 플랜트의 본체로 운반할 때는 수평 및 경사 벨트 컨베이어를 이용한다. 공해대책으로 벨트 컨베이어(belt conveyor)의 프레임은 밀폐되거나 원통형 파이프의 케이스 안에 벨트 컨베이어가 내장된 것이 사용되며 <그림 8>은 벨트 컨베이어가 내장되기 전의 원통형 케이스 내부를 보인 것이다.

통상적으로 경사 벨트 컨베이어는 운반물의 미끄러짐 등을 고려하여 경사각도를 20° 정도로 한다.

벨트 컨베이어는 캐리어 롤러(carrier roller)와 리턴 롤러(return roller)로 구성된다.

캐리어 롤러는 직접 운송물에 의한 하중을 받으며, 리턴 롤러는 벨트가 처지는 현상을 방지하기 위하여 두는 것으로 캐리어 롤러보다는 적은 하중이 작용한다. 롤러의 표면이 마모되어 있거나 회전이 원활하지 않으면 벨트에 큰 손상을 가져올 수 있으며, 모래와 진흙 또는 이물질이 롤러의 표면에 부착되어 있으면 벨트의 수명이 단축되거나, 벨트가 한쪽으로 이동하여 사행 운전하는 결과를 초래한다.

따라서 모래와 진흙이 부착하여 굳어지기 전에 청소를 하여야 하며, 청소를 할 때는 운전을 정지시키고 안전작업을 하여야 한다. 또 벨트가 한쪽으로 이동하는 현상이 발생하는 경우에는 운반물이 벗어나서 떨어지거나 벨트의 손상을 가져오기 때문에 벨트가 한쪽으로 쏠리는 현상이 발생하면 반드시 조정하여야 한다.

또 동절기에는 드럼 표면에 얼음이 붙어 있는지 여부도 주의 깊게 살펴보아야 한다.

<표 1>에는 벨트 컨베이어의 고장 원인 및 조치방법을 정리하였다.

3.2 시멘트 저장 및 이송장치

시멘트는 벌크 차량의 시멘트 투입장치를 통하여 시멘트 사일

표 1. 벨트 컨베이어의 고장 원인 및 대책

내 용	원 인	대 책
① 벨트가 한쪽으로 치우침	- 벨트의 조정불량 - 헤드 및 풀리의 조정 불량	- 골재가 한쪽으로 몰려서 투입 - 롤러 스탠드의 조정 - 벨트 장력 조정
② 헤드드럼 부위에서 골재가 땅으로 떨어짐	- 스크레이퍼(scraper)의 조정 불량 - 벨트 조정 불량	- 골재를 벨트 중심에 낙하 - 재조정 - 롤러 조정
③ 풀리의 편마모	- 풀리의 조정 불량 - 골재가 한쪽으로 치우침	- 벨트의 한쪽으로 치우침 - 골재가 벨트에 부착 - 벨트 장력 재조정 - 롤러 조정
④ 벨트에 골재 부착	- 스크레이퍼의 조정 불량 - 표면수량이 너무 높음	- 골재를 벨트 중심에 투입 - 스크레이퍼 간격 조정 - 규정된 골재를 사용 - 표면수량이 적은 골재를 사용
⑤ 드럼에서 벨트의 미끄럼 발생	- 벨트의 장력 조정 불량	- 벨트 장력 재조정
⑥ 벨트가 왼쪽으로 쏠림	- 리턴 롤러 스탠드 조정 불량	- 왼쪽 스탠드 홀을 밑으로 조정

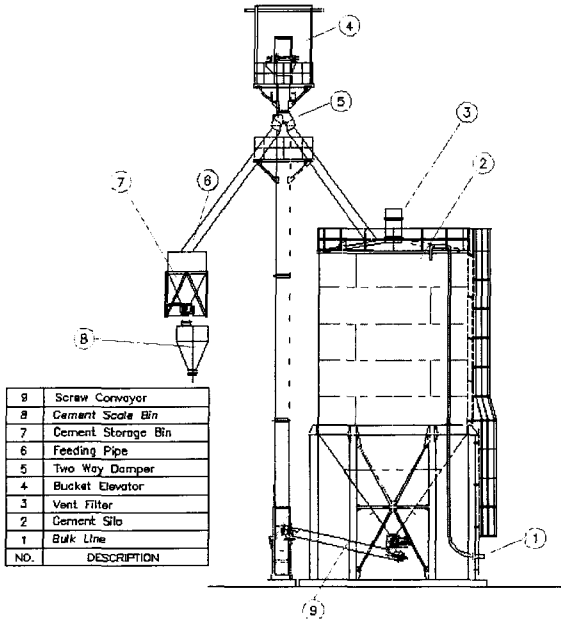


그림 9. 시멘트 이송장치의 구조

로 이송 저장되며, 플랜트 가동 시 신호에 따라 사일로 하부에 설치된 로타리 휘더 및 스크루 컨베이어를 거쳐 버킷 엘리베이터에 의하여 본체 상부의 시멘트 저장조로 이송된 다음 다시 그 밑에 위치한 계량조에서 계량되어 믹서 내부로 투입된다.

시멘트 사일로에서 플랜트 본체에 있는 저장조로 이동시킬 때 스크루 컨베이어와 버킷 엘리베이터를 사용하는 방법 대신 공기압에 의해 수송관을 통하여 압송하는 공기압송방식도 사용된다. 공기압송방식은 스크루 컨베이어와 버킷 엘리베이터 방식과 비교할 때 구동부가 적고 보수점검이 쉬우며 종류가 다른 시멘트의 대체가 용이하고 짧은 시간 내의 잔량처리가 가능하여 종류가 다른 시멘트의 혼입을 방지할 수 있는 등의 장점을 가진다.

시멘트는 저장기간이 길면 대기 중의 수분을 흡수하여 풍화되며, 사일로 하부의 깔대기 부분에 브리지 현상(아치 현상이라고도 함)이 발생하기 쉽다. 이 때문에 보통은 압축공기 배관을 하여 3 ~ 5 kgf/cm²의 압력으로 분사하도록 함으로써 사일로에서의 시멘트 배출이 원활해지도록 한다.

이때 압축공기 라인에 수분을 철저히 배출시켜 수분이 사일로의 깔때기 부분 안으로 유입되지 않도록 유의하여야 하며, 날마다 레미콘 생산을 종료한 후에는 반드시 에어필터의 드레인 코크를 열고 수분을 배출시켜 사일로 내부로 침투하지 않도록 해야 한다.

버킷 엘리베이터는 버킷이 벨트에 고정된 구조로 되어있으며 벨트가 늘어나면 슬립현상이 생기며 마찰력 때문에 큰 손상을 가져오게 된다. 그렇기 때문에 벨트가 늘어나면 하부 케이싱에 있는 슬라이드 베어링에 연결된 볼트를 느슨하게 풀 후 조절볼트를 이용하여 장력 조정봉을 아래 방향으로 균일하게 이동시켜 장력을 조절해야 한다. 이때 좌·우측을 균등하게 조절하여 드럼 위에서 벨트가 옆으로 치우치지 않도록 해야 한다. 또한 하부 샤프트의 실링부에 있는 그리스 니플에는 1일 1회 정도 그리스를 주입하여 샤프트가 원활히 회전되도록 해야 한다.

벨트 컨베이어의 주요 고장 원인 및 대책은 <표 2>에 기술한 바와 같다.

버킷 엘리베이터에 의해 올라온 시멘트 또는 플라이 애쉬 등의 혼화제는 투웨이 댐퍼(two way damper)를 통하여 본체 상부의 저장조에 저장되며 용량을 채운 경우 저장조의 측면에 부착된 높이감지기에 의하여 다시 사일로 방향으로 변환되어 흘러가도록 되어 있다.

시멘트 저장조에는 로타리 휘더와 버터플라이 밸브가 부착되어 있으며, 시멘트의 이동을 돕기 위해 호퍼부에 에어레이션(airation) 장치를 부착시킨다.

버터플라이 밸브는 게이트를 열고 닫을 때 측면에 표기된 눈금이 정확히 일치하는가를 확인하고 주 1회 게이트 작동 실린더의 이상 유무를 확인해야 한다.

3.3 물 저장조와 혼화제 저장조

수중펌프 등에 의해 지하 저장조에서 올라온 물은 계량을 위하여 물 저장조에 일시 저장되며, 실린더 버터 밸브를 통해 계량기로 이동된다. 이곳에는 보통 전극 감지기가 설치되어 있어서 물

표 2 버킷 엘리베이터의 고장 원인 및 대책

내 용	원 인	대 책
① 버킷의 손상	- 이물질에 의한 손상 - 수명이 다함	- 교환 후 시멘트에 포함된 이물질 제거 - 교환
② 벨트가 한쪽으로 치우침	- 드럼 조립 불량 - 드럼 조정 불량	- 벨트 장력 조정(중심위치에 고정) - 벨트가 쏠리는 반대측을 내린다.
③ 상하부 샤프트	- 베어링에 분진 침투 - 급유 불량 - 수명이 다함	- 상태 점검 후 베어링 하우징부의 그랜드 패킹(grand packing) 교환 또는 베어링 교환 - 급유 실시 - 교환
④ 케이싱의 누수현상	- 실링부 불량 - 후렌지부 패킹처리 불량	- 누수 개소를 확인하여 실링 처리 - 패킹부 재조립 및 실리콘 처리
⑤ 기어드 모터의 이상	- 급유 불량 - 과부하	- 오일교환 및 재급유 - 운반능력 이상으로 운전하였는가를 조사하고 수리 또는 간섭부 확인 후 제거

의 양에 따라 수중 펌프가 동작 또는 정지된다.

이 때 배관을 타고 올라온 물줄기가 전극 감지기와 접촉되지 않도록 배관은 전극 감지기와 가능한 멀리 떨어져 설치해야 하며 부득이 가까이 설치하였을 경우에는 물 투입구에 물 튀김 방지막 등을 설치하여 전극 감지기의 오동작이 생기지 않도록 해야 한다.

혼화제 저장조에는 두 종류의 혼화제를 섞거나 물로 희석시키기 위하여 교반용 펌프가 설치된다. 혼화제의 종류에 따라서는 거품이 발생하는 경우가 있으며 침전물이 발생하는 경우도 있다. 또 겨울철에는 밸브 주위가 얼게 되는 등 기계적인 결함요인이 발생할 수 있다. 혼화제의 희석농도나 계량이 잘못되었을 때는 콘크리트의 품질에 치명적인 영향을 미칠 수 있기 때문에 혼화제 관련 장치의 점검 및 관리는 무엇보다 철저히 할 필요가 있다.

4. 계량 및 관리장치

4.1 계량장치

1) 계량기의 구조

계량장치는 배합설계에 의해 정해진 물, 시멘트, 골재, 혼화제료 등 각 재료의 양을 계량하는 기계설비로서, 제어 프로그램에 의한 전기신호로서 계량관리가 이루어진다.

레미콘 플랜트에서 사용하는 재료 계량장치는 전기식과 기계식으로 구분할 수 있다. 기계식은 와이어에 의한 하중전달 방식이 주류를 이루던 때도 있었으나 현재는 거의 사용치 않고 있으며 전기신호식인 로드셀 방식이 널리 사용되고 있다.<표 3>

표 3. 계량하중의 전달기구

하중전달기구	하중검출부	변환부	하중전달방법	표시부	표시
기계식	지레	변류기	포텐쇼미터	포텐쇼	아날로그
기계식	지레	로드셀	전기신호	변환기	디지털
전기식	로드셀		전기신호	변환기	디지털

2) 로드셀의 종류

금속 탄성체에 하중이 전달될 때 그 하중의 크기에 비례하여 발생하는 탄성변형량을 전기적 신호로 바꾸어 주는 것이 스트레인 게이지이다. 또한 이 스트레인 게이지를 금속 탄성체에 부착하고 하중을 가했을 때 스트레인 게이지의 저항변화에 비례한 전기신호를 얻음으로써 하중을 측정하는 것을 로드셀 또는 스트레인 게이지식 로드셀이라 한다.

로드셀에는 다음과 같은 종류가 있다

(1) 기둥형(column type)

원통형으로 상하의 하중을 종횡으로 두 장의 스트레인 게이지에 의해 측정하는 방식으로 대용량이 가능한 장점이 있으나 정밀도가 낮고 경사하중에 대한 오차가 큼으로 주의를 요한다.

(2) 환상형(ring type)

인장·압축 모두 사용이 가능하며 링형의 탄성체 안쪽면에 4장의 스트레인 게이지를 부착한 형태로 정밀도가 비교적 높은 반면 대용량 및 소용량 겸용의 제작이 어렵다.

(3) 휨형(bending type)

사각 막대를 한쪽이나 양쪽을 지지하여 휘어지는 양을 측정하는 방식으로 부착이 용이하고 정밀도가 높은 장점이 있는 반면 대용량의 제작이 어렵고 구조상 밀봉하기 어려워 사용환경의 제약을 받는 단점이 있다.

(4) 전단형(shear type)

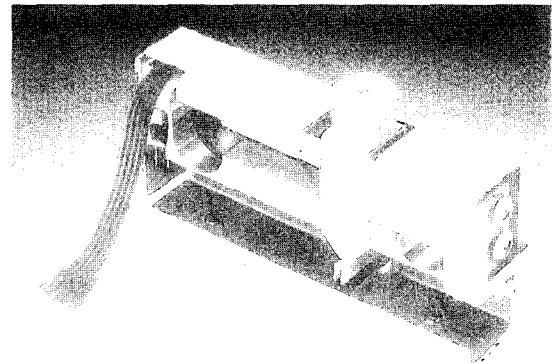
스트레인 게이지를 45° 방향으로 부착하여 전단응력을 측정하는 방식으로 횡하중 측정이 좋고 내력이 강한 반면 가공이 어렵다는 단점이 있다.

3) 로드셀 선택 및 사용개수

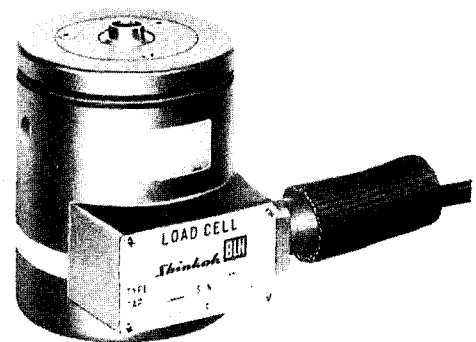
하중 선택 방법과 측정 하중이 정해지고 저울 자체무게 등이 정해지면 로드셀의 용량 선택이 중요하다.

큰 용량을 사용하면 미세한 측정이 어렵고 용량에 맞는 로드셀을 선택하면 예기치 않은 충격에 로드셀이 파괴되는 경우가 자주 있으므로 선택시 주의가 요구된다.

일반적으로 다음과 같은 공식을 이용해서 용량(L)을 정한다.



(a) 휨형



(b) 환상형

그림 10. 로드셀 형태

표 4. 계량 제어 방식의 특징과 장·단점

구 분		장 점	단 점
계량방식에 따른 구분	단독계량방식	- 고속 계량 - 수동작업 용이	- 설비비용 고가
	누적계량방식	- 설비비용 저렴	- 계량속도가 늦다. - 수동작업이 어렵다.
제어방식에 따른 구분	중앙집중제어 방식	- 고도의 기술이 불필요 - 소프트웨어 개발이 용이	- 수동작업이 어렵다. - 장애발생요소가 많다. - 처리속도가 늦다. - 차후 확장이 어렵다.
	분산제어방식	- 설비 장애시 수동작업가능 - 장애 발생시 수리가 간단 - 처리속도가 빠르다. - 차후 확장성이 좋다.	- 통신 네트워크 기술이 필요 - 소프트웨어 작업이 어렵다.

주) 1) 단독 계량방식 : 원료 1가지에 계량기(저울) 1개를 사용하는 계량 방식
 2) 누적 계량방식 : 1개의 계량기에 몇 가지 원료를 누적하여 계량하는 방식
 3) 중앙집중제어방식 : 1개의 콘트롤 판넬에서 여러 가지의 계량기를 제어하는 방식
 4) 분산제어방식 : 1개의 계량기마다 별도의 콘트롤러를 두고 중앙에서는 명령과 결과만 받아 처리하는 방식

$$L \geq ((F1 \times W1 + W2) \times F2 \times F3) / N$$

여기서 F1 : 충격계수(1.1 ~ 1.5), 일반적으로 1.3 적용
 F2 : 하중 편심계수(1.1 ~ 1.3), 일반적으로 1.2 적용
 F3 : 하중불균형계수
 (1점, 3점지지식 : 1, 4점지지식 : 1.2)
 W1 : 부가하중(측정할 대상물의 최대하중)
 W2 : 초기하중(자중, 저울 자체무게)
 N : 사용할 로드셀 개수

예로서 1배치당 투입용량이 3m³인 배치 플랜트에서 3,000 kg의 굵은골재를 계량한다고 가정하여 자체 무게가 800 kg의 저울로 계량 생산할 계획이고 로드셀은 안전한 구조형태인 3개를 사용할 경우는 $\{(1.3 \times 3,000 + 800) \times 1.2 \times 1.2\} / 3 = 2,256$ kg이므로 안전 무게인 3,000 kg 짜리 로드셀 3개를 사용하면 적절한 사용 개수가 된다.

로드셀은 미세한 탄성변형을 응력 측정기(strain gauge)를 통해 검출하므로 편심이나, 불균형 하중상태일 때는 응력의 검출이 저항을 받을 수 있다. 그러므로 하중을 정확히 검출할 수 있는 로드셀의 사용과 위치 선정이 매우 중요하다.

로드셀의 사용 개수는 구조물의 형태와 관련이 많으며, 개수를 많이 사용한다고 좋은 것은 아니다. 무게 중심을 쉽게 잡을 수 있는 개수, 즉 1개나 3개가 가장 안정되고 정확한 계량을 할 수 있는 반면 4개나 6개 등을 배치할 경우는 중심점을 조정하기가 쉽지 않아 오차 발생 확률이 높으므로 설계시 유의하여야 한다.

특히 직사각형의 6개 로드셀을 사용하여 측정하는 계량 시스템은 구조물의 설계시 상당한 기술이 필요하며, 로드셀과 하중의 위치에 따른 모멘트의 발생 문제가 있어 신중한 사전 검토가 필요하다.

4) 계량동작중의 조정 방법
 원료 공급장치(feeder)를 작동해서 원료를 계량조에 투입하여

배합설계 및 배합 보정에 의해 설정된 계량 목표치에 도달하면 정확히 정지시켜 정밀도를 맞추기 위해 다음과 같은 단계의 기계적, 전기적 제어가 필요하다. 보통 레미콘 공장에서 원재료별 이러한 장치의 기능을 활용하면 계량의 정밀도를 유지할 수 있는데 생산성을 이유로 생략해서는 안된다.

또한 계량 정밀도는 원료 공급의 신호와 각 재료의 공급 게이트의 형식과도 관계가 있으므로 배치 플랜트 설치 및 유지 보수 시 이를 고려하여야 한다.

(1) 원료공급 신호(jogging)

원료공급 신호는 대공급, 중공급 및 소공급으로 나뉜다.

이때 대공급은 대량으로 원료를 공급해서 계량 속도를 높이기 위한 신호이며 보통 목표 계량의 90% 정도까지 작동한다. 중공급(coarse jogging)은 어느 정도 원하는 양이 되면 정밀도를 위해 공급량을 줄이는 것으로 이 단계는 생략하는 경우가 많다. 소공급(fine jogging)은 물성에 따라 목표치의 90% 정도가 되면 게이트 조절을 통해 미량으로 공급하여 설정값과 같은 계량치가 되도록 조절하는 것을 말한다.

(2) 낙차조절

저장빈으로부터 흘러내린 원료가 저울표면에 닿아야 계량이 되는데 예를 들어 3000 kg의 자갈을 계량할 때 3000 kg에서 소공급 게이트 신호를 끊으면 계량조에 닿은 골재의 무게가 나타나며, 이는 계량중 계량기 표면과 공급 feeder 출구 사이에(공중에) 있는 굵은골재가 나중에 떨어져 무게를 더하게 되므로 경험에 따라 목표치에 이르기 전에 게이트를 닫아 정확한 계량을 해야 한다. 보통 레미콘 플랜트에서 미세량 조정으로 관리할 수 있다.

(3) 자동 0 점 조정

상당히 중요한 개념으로 저울이란 조금씩 영점이 변하기도 하고 계량시 시멘트, 골재 등의 미분이 계량조 표면에 코팅되어 중량이 조금씩 올라가는 경우가 있다. 이때 계량기 용기 무게를 0으로 조정하여야 정확한 계량이 된다. 이와 반대의 현상으로 작업도중 코팅이 떨어져 나갈 경우가 있는데 이때는 계량기 표시창에 - 계량이 나타나므로 이때에도 0 점을 조정하여야 한다.

5) 계량 제어방식

레미콘 플랜트에서의 계량 제어 방식은 최근의 전자 기술의 발달과 함께 거의 전 공정에서 자동화가 구비되어 있다. 계량 제어 방식에 따른 특징과 장·단점은 <표 4>에 나타난 바와 같다.

일반적으로 각 재료의 단독 계량 방식과 중앙집중 제어방식이 주종을 이루고 있으며, 각 공정마다 폐쇄회로를 통한 레미콘의 생산공정이 통제·관리되고 있다.

4.2 보정제어 장치

1) 표면수량 보정

시방배합의 골재량은 표면건조포화상태의 중량을 말한다. 통상 골재는 부착수분(표면수)이 있는 습윤상태로 유통 공급되고 있으므로 레미콘 생산시는 표면수량 만큼 사용수를 적게 계량하고 또 그 양만큼 잔골재를 추가하여 계량하여야 하는데 이것을 골재의 표면수 보정이라 한다.

「KS F 2509(잔골재의 표면수 측정방법)」에서는 표면건조포화상태의 잔골재 무게를 기준으로 표면수율(P1)과 습윤상태의 잔골재 무게를 기준으로 한 표면수율(P2)로 구분하고 있으며, 대체적으로 레미콘 플랜트에서는 표면건조 포화상태를 기준으로 한 보정식을 이용하고 있다.

표면수 보정은 전자전기기구에 의해 자동 보정하는 방법이 있으며 수동측정 후 배치 플랜트 컨트롤 패널에 입력하여 자동으로 보정하는 방법이 있다.

통상 유통되고 있는 잔골재의 표면수율은 2~7% 수준으로 부순 잔골재가 천연사에 비해 낮으며 대략 10% 이상일 경우는 표면수가 눈에 떨 정도로 흘러내리고, 4~6% 범위에서는 부풀림(bulking)이 최대화되는 경향이 있다. 비교적 입도가 작은 잔골재일수록 부풀림의 정도가 심화되는 경향이 있으므로 재고 관리시 이 점을 유의할 필요가 있다.

굵은골재의 표면수율은 잔골재에 비해 그 변동이 적고 비온 뒤의 경우를 제외하고는 통상 일정하게 유지된다. 굵은골재는 기진상태로 반입되는 경우가 있고, 이때는 사용수가 흡수되어 배합의 비율을 왜곡시킬 수 있으므로 살수 등을 통해 일정한 상태를 유지할 필요가 있다.

통상 25mm 골재의 경우 표면수율은 0.5~1.0% 정도인 경우가 많다.

표면수 보정은 통상 배치 플랜트의 컨트롤 패널에 내장되어 있는 프로그램에 의해 시행되고 있으며 최근에는 자동 표면수 보정장치를 추가로 설치하는 회사가 늘고 있다.

일반적으로 표면수 자동보정의 연동 시스템은 <그림 11>과 같다. 자동보정장치 중에는 마이크로 웨이브를 이용한 프로브(probe)형 센서를 골재빈 내부에 장착하여 표면수율을 측정하고 계량 중인 배치에 그 결과를 즉시 적용할 수 있도록 한 것 등이

사용되고 있다.

자동 표면수 보정장치는 편리함과 정밀성을 유지하고 있지만 잔골재의 종류 및 입도변동이 있을 때는 입력되어 있는 검량선과의 차이로 에러를 범할 수 있기 때문에 주의가 필요하다. 이 때문에 콘트롤 패널 운전원은 폐쇄 회로를 통해 생산되고 있는 레미콘의 슬럼프 상태를 항상 감시하여야 하며 너무 기계에만 의존을 하는 것은 바람직하지 않다.

레미콘 배치 플랜트의 표면수 보정 프로그램은 0.0%~19.9%의 범위로 설정되어 있으며, 자동 보정장치는 0%~15%의 범위로 되어 있다.

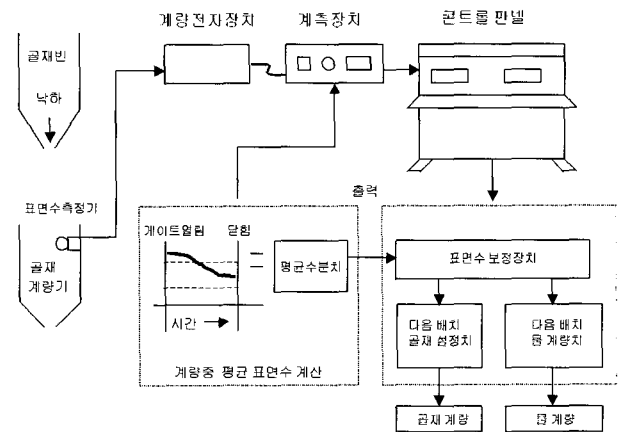


그림 11. 표면수량 자동보정의 흐름도

2) 혼화제의 희석에 따른 보정

일반적으로 소량으로 사용되는 AE 감수제는 주로 물로 희석하여 사용하며 첨가량이 비교적 많은 고성능 감수제 등은 원액으로 사용되는 경우가 많다.

시방배합의 혼화제량은 통상 물에 희석되지 않는 원액의 중량을 나타낸다. 이 때 계량방식으로 물과 희석 혼화제를 누적 계량하는 경우 희석에 사용된 물이 감산되므로 문제가 없으나 분리계량 투입하는 시스템에서는 반드시 혼화제 희석에 사용된 물량만큼 사용수가 적게 설정이 되도록 하여야 한다. 통상 컨트롤 패널에는 희석 용액을 보정하는 프로그램이 내장되어 있지 않기 때문에 배합 입력 시 조정된 값을 입력하여야 한다.

3) 골재의 입도에 따른 보정

시방배합에서 잔골재량과 굵은골재량은 골재를 5mm 체로 쳐 구분한 것을 기준으로 나타낸 값이다. 그러나 실제 사용에 있어서는 굵은골재 중에 5mm 이하 크기의 잔골재와 잔골재 중에 5mm 이상 크기의 굵은골재가 포함된다. 보통 시험에 의해 구하여진 입도 보정량을 배치 플랜트 관리화면에 입력하면 다음 식이 포함된 내장 프로그램에 의해 자동보정이 이루어진다.

$$S = \frac{100S_0 - b(S_0 + G_0)}{100 - (a + b)}$$

$$G = \frac{100G_0 - a(S_0 + G_0)}{100 - (a + b)}$$

여기서 S, G : 보정 후의 잔골재량, 굵은골재량(kg/m³),
 S₀, G₀ : 시방배합의 단위잔골재량, 단위굵은골재량
 (kg/m³),
 a, b : 과대립 및 과소립 혼입율(%)

4.3 계량장치의 관리

1) 계량기의 정하중 검사

계량기의 정하중 검사란 계량기계 자체의 문제로 인한 오차를 검사하는 것으로, 분동을 이용하는 방법과 로드셀에 검정장치를 부착한 전기식 검정기를 이용하는 방법이 있으며 전기적 검정기의 경우는 공인기관으로부터 연 1회 이상 검정을 실시하여야 한다.
 레미콘 플랜트의 계량기는 매달립 지시저울로 분류되며, 이에 대한 KS 및 계량법에 의한 기차검사 기준은 <표 5>와 같다.

표 5. 계량법에 의한 매달립 지시 저울의 기차검사 기준

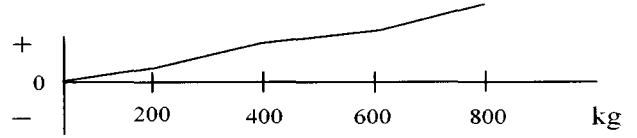
종류	규격	표시량	허용차
매달립 지시 저울 KS B 5337	30 kg 이하	끝달립의 1/4 이하	1눈의 1/2 값
		끝달립의 1/4 초과	1눈의 값
	30 kg 초과	끝달립의 1/2 이하	1눈의 1/2 값
		끝달립의 1/2 초과	1눈의 값

로드셀의 경우 정하중 검사는 다음 순서에 따르며 정하중 검사 결과 <그림 12>의 여러 상황이 발견될 때는 로드셀의 전자마찰 등이 원인이 될 수 있으므로 로드셀의 전기적 저항 등을 측정하여 조치를 하여야 한다.

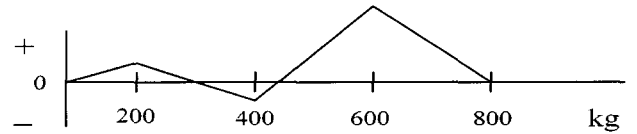
- ① 계량조가 수평인가 또는 정위치에 고정되어 있는가를 확인한다.
- ② 2~3회 계량조를 가볍게 흔든 뒤 하중 검출 표시창의 0 위치에 있는가를 확인
- ③ 기타 이상 개소의 유무를 점검한다.
- ④ 재하용 거치대(행거)를 계량조에 거치하되 편하중이 생기지 않도록 배려한다.
- ⑤ 표시창이 0 점이 되도록 볼륨을 조정하여 정확히 맞춘다.
- ⑥ 점검원의 신호에 의해 보조분동(통상 20 kg)을 소정의 개수 만큼 동시에 재하한다. 이 때 편하중이 생기지 않도록 한다.
- ⑦ 검사원은 재하 후 지침의 진동이 정지되면 ±의 오차값을 읽는다.
- ⑧ 최대 하중까지 재하하고 재하시의 2배 정도의 배치분동을

감하여 판독한다.

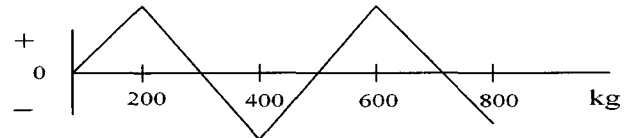
- ⑨ 재하용 거치대를 제거한 후 표시창의 0 점을 정확히 확인한다.



① 하중을 가할 때 오차가 동일 방향으로 증가



② 각 측정지점에서 적은 오차 범위 내에 있으나 1~2점에서 크게 변화하는 경우



③ 각 측정치가 변동이 많은 경우

그림 12 정하중 검사시 나타나는 이상의 예

2) 계량기의 동하중 검사

계량오차는 계량기 자체의 오차(정하중시의 오차)와 저장조의 잔량이나 재료의 공급 기타 작동에 의한 오차가 있는데 후자를 검사하는 것이 동하중 검사이다. 「KS F 4009」에는 계량오차를 <표 6>과 같이 규정하고 있다.

통상 운전상태는 계량오차가 KS에서 규정한 허용범위 이내에서 관리되도록 유지 보수를 실시하고 있어야 하며, 「KS F 4009」 심사기준에는 동하중 검사를 주 1회 주기로 임의의 5 배치에 대해 실시하도록 규정하고 있다.

저장조 내의 재료 저장량에 따라 계량조 내부로 투입되는 속도

표 6. 「KS F 4009」의 계량오차 허용범위

재 료	1회 계량분량의 허용오차(%)
물	±1
시멘트	±1
골재	±3
혼화제(용액)	±3
혼화제(플라이애시등)	±2

표 7. 계량기의 검사 순서

순서	골재	시멘트	물, 혼화제
1	게이트 및 댐퍼의 열림 정도는 적정한가?	저장조 하부의 에어레이션장치는 정상인가?	조정밸브의 열림은 적정한가?
2	계량 게이트의 작동은 적정한가?	압축공기압은 적정한가?	계량밸브 작동은 정상인가?
3	조깅 작동의 1회량 및 적정 회수 체크.	슬라이드 게이트의 열림은 적정한가?	미계량 유량조정은 적정한가?
4	낙차보정의 조정은 적정한가?	로타리 휘더는 정상으로 작동하는가?	낙차보정의 조정은 적정한가?
5		계량밸브 작동은 정상인가?	
6		미계량 조정은 적정한가?	
7		계량조의 에어 발취는 적정한가?	
8		낙차보정의 조정은 적정한가?	
9	기록용지의 준비분석 기록의 담당은 정하였는가?		
10	계량시 잔골재 표면수율을 정하고 보정을 실시하였는가?		

표 8. 계량기 동하중 점검표의 예

구분	배합번호	1배치량(m ³)	재료 계량(kg)											
			물	시멘트	잔골재	굵은골재	플라이 애쉬	혼화제						
설정 배합	038	1.0	165	295	813	1013	36	1.655						
	047	1.0	168	303	806	1004	37	1.700						
용량 변환 재료량	038	3.0	495	885	2439	3039	108	4.965						
	047	3.0	504	909	2418	3012	111	5.100						
표면수율(%)	-	-	-	-	4.0	0	-	-						
표면수 보정 설정치	038	3.0	397	885	2537	3039	108	4.965						
	047	3.0	407	909	2515	3012	111	5.100						
허용 범위	038	3.0	393.1 ~ 400.9	876.2 ~ 893.8	2461 ~ 2613	2948 ~ 3130	105.9 ~ 110.1	4.817 ~ 5.113						
	047	3.0	403.0 ~ 419.2	900.0 ~ 918.1	2440 ~ 2590	2922 ~ 3102	108.8 ~ 113.2	4.947 ~ 5.253						
계량치	038	3.0	397	0	884	0	2570	0	3044	0	112.4	×	4.84	0
	047	3.0	405	0	917	0	2480	0	2998	0	112.6	0	5.16	0

주) 합격, 불합격은 O, ×로 표기

가 달라지므로 동하중에 미치는 영향은 각기 다르게 나타난다. 저장조의 적절한 저장량을 관리하는 레벨계를 활용하여 재료공급이 적절하게 이루어지는지를 항상 점검하며, 계량오차에 미치는 영향을 감시하고 점검 정비, 조정 등을 행하는 일에 관심을 가져야 한다.

검사방법은 임의의 5배치에 대해 계량기별 재료별로 지시된 1회 계량 분량에 대한 오차를 +, -로 읽고 기록하여 평가한다. 계량치가 허용오차를 벗어날 때는 콘크리트의 품질에 영향을 주기 때문에 이 경우는 원인을 조사해 재발방지를 위한 조치를 하여야 한다.

또한 계량의 정도가 + 측 또는 - 측으로 연속적으로 치우침이 나타날 때는 장애물에 의한 계량기의 간섭이나 로드셀의 저항을 점검을 해야 한다.

0 점의 확인도 중요하다. 계량기 내부에 미분, 잔분이 코팅되어 + 측으로 되어 있는 경우 그 분량만큼 재료의 계량에 영향을 주므로 반드시 0 점 확인을 실시하고 작업 도중에도 수시로 확인을 하여야 된다. 재료를 누적 계량할 때는 '최초의 재료 계량치'와 '최초 재료와 누적 재료의 합계치'에 대해서 계량오차를 구분

표 9. 계량형태의 이상유형별 대책

구분	현상	대책
과 계량형		계량 볼륨 조정과 계량원료를 약간 빠르게 한다.
부족 계량형		미계량 볼륨 조정과 원료를 약간 지연시킨다.
지그재그형		조계량 볼륨 조정을 약간 빨리 한다.
불안정형		다음을 조정한다. a. 저장량 b. 계량게이트 열림 정도와 작동속도 d. 오일 댐퍼 e. 컴퓨터이더 조정

표 10. 계량기의 고장원인과 대책

내 용		원 인	대 책
계 량 기	계량이 일정하지 않음	- 계량 중에 게이트로부터 누출	- 누출원인 조사 및 제거
	계량기와 실제 중량이 불일치	- 계량조 접촉으로 간섭발생 - 골재 배출시 골재 잔류 - 로드셀의 불량 - 계량 중 게이트로부터 골재가 누출, 혼합중인 믹서로 낙하 - 계량조의 마모로 구멍 발생	- 간섭이 생기지 않도록 조정 - 게이트가 완전히 닫히도록 조정 - 교환 - 게이트가 완전히 닫히도록 조정 - 보수
계 량 조	게이트 개폐 불량	- 간격불량 - 배어링 윤활 부족 - 실린더 오링 불량 - 실린더 로더 조정 불량 - 에어 압력 불량 - 슬레노이드 밸브 절환 불량 - 게이트 변형	- 보정 - 그리스 주입 - 교환 - 스트로크 범위내 조정 - 감압면을 7kg/cm ² 정도 조정 - 교환 - 교환
	골재가 게이트 틈새에 끼임	- 게이트 간격 불량 -마모	- 25 ~ 50 mm 조정
	골재가 배출되지 않음	- 믹서게이트가 완전히 닫혀 있지 않거나 또는 닫힐 때 리미트 스위치가 작동하지 않음	- 믹서 게이트를 완전히 열고 리미트 스위치에 레바가 접촉되도록 조정
	시멘트 누출	- 씰 고무의 패킹 불량 - 실린더 로드 조정 불량	- 교환 - 실린더 스트로크 범위 내 조정


하여 관리해야 한다.

계량기의 검사 순서는 <표 7>과 같으며, 동하중 검사를 위한 점검표의 예는 <표 8>에 나타난 바와 같다.

동하중에 영향을 미치는 요인과 유의 사항으로 다음을 들 수 있으며, 계량정도에 이상이 있는 경우는 <표 9>와 같은 대책을 참고하는 것이 좋다.

- ① 저장조의 저장량의 변화에 따른 시멘트의 유속의 변동으로 계량오차가 생긴다.
- ② 브리지나 아치형성의 방지에 유의한다.
- ③ 에어레이션을 사용하는 공기는 습분 분리기 또는 건조기를 이용 탈습하여야 한다.
- ④ 계량호퍼에 부착된 시멘트나 잔골재를 방출하기 위해 진동기를 사용하는 경우는 계량기의 정도 저하에 많은 영향을 줄 수 있으므로 가능한 적게 사용하여야 한다.
- ⑤ 계량기의 정도에 영향을 주는 기계진동(버킷 엘리베이터 운전진동, 믹서 운전진동 등)은 가능한 적게 발생 되도록 대책을 세워야 된다.
- ⑥ 물, 시멘트, 혼화제 등은 계량치가 적고 계량오차가 엄하기 때문에 주의해야 한다. 그리고 일상적인 경향을 파악해 이후의 대책에 참고로 하여야 한다.

3) 계량기의 보수 관리

최근 전자기술의 발달로 자동계량장치의 신뢰도가 매우 높아졌다. 그러나 이렇게 우수한 기기를 사용해도 일상적으로 올바른 점검 보수와 운전조작을 하지 않으면 좋은 결과를 기대할 수 없다. 따라서 체크 리스트를 작성하여 계량기에 대한 일상점검을 철저히 하는 것이 중요하며, 이상이 발견되었을 때는 신속히 조치를 취해야 한다. 이 때 계량기의 고장원인에 따른 조치방법은 <표 10>에 보인 바와 같다. 

참고문헌

1. 한국레미콘공업협회, 레미콘 통계년보, 2002.
2. 한국레미콘공업협회, 레미콘産業發展 30年史, 1995.
3. (주)스펙코, 콘크리트 배치플랜트 운전 보수 매뉴얼, 2002.
4. 삼영시스템, 삼영기술, Batch Plant Electric Manual, 2001.
5. 대정산업(주), 로드셀과 계량제어시스템 상식, 2000.
6. 한국레미콘공업협회동조합, 레미콘 플랜트 보수관리 요점, 1992.
7. J. D. Dewar and R. Anderson, Manual of Ready-Mixed Concrete, Blackie, 1988.
8. 全國生コンクリート工業組合聯合會, 生コン工場品質管理ガイドブック, 1992.
9. 日本コンクリート工學協會, 生コンプラント一装置と保守-, 技報堂, 1980.
10. 重倉祐光, 生コンの生産技術と經營管理, 日本規格協會, 1993.