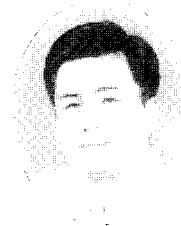


특 집

|| 레미콘 플랜트 설비와 콘크리트 품질 ||

건식 레미콘의 생산설비

- Manufacturing Equipment for Truck-mixed Concrete -



최민수*

1. 레미콘 생산 방식의 분류

레미콘의 생산방식은 콘크리트의 비빔을 정치식 배치플랜트(stationary batch plant)내의 고정믹서로 행하는가, 아니면 운반장비인 트럭 믹서(truck mixer)의 드럼으로 행하는가에 따라서 일반적으로 센트럴믹스(central mix), 쉬링크믹스(shrink mix), 트럭 믹스의 3가지로 분류된다.

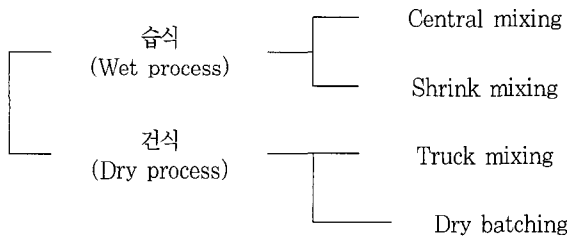


그림 1. 레미콘 생산방식의 분류

센트럴 믹스(central mix) 방식은 플랜트에 고정믹서가 설치되어 있어 각 재료를 계량·혼합하여 비빔이 완료된 콘크리트를 트럭 에지테이터(truck agitator) 등으로 교반하면서 지정된 공

사현장까지 운반하는 방식이다. 습식 레미콘 생산방식으로서 현재 우리나라에서 적용하고 있는 형태이다.

쉬링크 믹스 방식은 정치식 플랜트 내의 고정믹서에서 15 ~ 30초의 짧은 시간에 부분적으로 콘크리트를 혼합한 후, 아직 혼합이 완전하지 않은 상태에서 트럭 믹서 또는 트럭 에지테이터에 투입하고 공사현장까지 운반하는 과정에서 완전히 혼합하는 방식이다. 이 경우 트럭 믹서가 감당할 수 있는 총 혼합용적은 드럼 용적의 63% 이내로 제한된다. 이 방식은 트럭 믹서에 투입하기 전에 부분적으로 혼합하여 용적을 축소시킴으로서 트럭 믹서 방식에 비해 더욱 많은 양을 운반하기 위하여 고안되었으나 오늘날에는 거의 사용되지 않고 있다.

트럭 믹스 방식은 플랜트에서 계량된 모든 재료를 트럭 믹서에 투입하고, 공장 내에서 혹은 공사현장으로 운반 도중에 드럼의 회전에 의하여 콘크리트를 완전히 혼합하는 방식이다. 따라서 공장의 플랜트에는 고정믹서가 없고 각 재료의 계량장치만이 설치되어 있다.

「ASTM C94(Standard Specification for Ready-Mixed Concrete)」에 규정된 Truck-Mixed Concrete의 정의를 보면, "Truck-Mixed Concrete란 지시된 균질성 있는 콘크리트를 생산하기 위하여 장비제조업자에 의하여 설계된 비빔속도 하에서 70 ~ 100 회전을 하여 트럭 믹서 내에서 완전히 비벼지는 콘크리트"라고 정의되어 있다.

트럭 믹싱 가운데 운반거리가 아주 멀거나 운반 도중에 품질 변화가 우려될 때에는 트럭 믹서의 드럼 내에 시멘트·모래·자

* 정회원, 한국건설산업연구원 연구위원

표 1. 습식과 건식 레미콘 생산방식의 비교

		습식(central mix)	건식(truck mix)
1. 정의		레미콘 공장의 배치 플랜트에서 재료의 계량·비빔을 모두 완료하고, 이를 운반 차량에 적재하여 공사현장으로 운반하는 방식	레미콘 공장에서는 재료의 계량만을 하고, 재료의 혼합(비빔)은 운반 중에 혹은 공사현장에서 트럭 믹서에 의하여 수행하는 방식
2. 혼합기		배치 플랜트 내의 고정식 믹서	트럭 믹서
3. 배치 플랜트 초기투자비		높다	낮다
4. 부지 및 설비규모		크다	작다
5. 운반시간 한도		90분 이내(KS 규정)	일반적으로 90분 이내, 그러나 드라이 배칭의 경우에는 시멘트의 수화가 일어나는 3시간 이내
6. 운전자의 숙련도		중요하지 않음	높은 숙련도 요구
7. 운반차량	운반차량의 종류	트럭 에지테이터 트럭 믹서 덤프 트럭	트럭 믹서
	적재용량(ASTM 규정)	드럼용적의 80% 이내	드럼 용적의 63% 이내
	물탱크 용량	500ℓ	500 ~ 2000ℓ (드라이 배칭 시 2000ℓ 필요)
	드럼최대 rpm	8 ~ 10 내외	14 ~ 17 내외
8. 품질관리		비교적 용이	다소 어려움
9. 주요 적용 국가		한국, 일본, 독일, 프랑스	미국, 영국, 호주, 동남아

갈을 선투입한 후, 현장에 도착한 후에 비빔수와 혼화제를 추가로 투입하여 혼합을 행하는 경우가 있는데, 이를 드라이 배칭(dry batching) 방식이라고 부른다. 비빔수와 혼화제는 트럭 믹서에 장착되어 있는 물탱크 등에 적재하여 운반한다.

이상에서 언급한 센트럴 믹싱(central mixing) 혹은 트럭믹싱(truck mixing) 가운데 어떠한 생산방식을 선택할 것인가는 다양한 요인에 의존한다. 센트럴 믹싱의 기술적인 이점은 믹싱 프로세스(mixing process)의 중앙통제(centralized control)가 이루어질 수 있으며, 트럭 믹서 운전자의 숙련도가 다소 떨어져도 된다는 점이다. 그러나 미국의 CPMB(Concrete Plant Manufacturers Bureau)의 연구결과¹⁾에 의하면, 그 결정이 몇 개의 다른 요인, 예를 들면 시장권역(market area), 시장의 크기, 트럭에 있어서 블레이드(blade)의 수명, 트럭 이용 여부 등에 의존하는 것으로 나타나고 있다.

트럭 믹싱의 주요 이점은 초기 자본투자가 낮고, 플랜트도 소형으로 가능하며, 전기비용(electrical cost) 등 운영비도 낮출 수 있다는 점이다. 그리고 장거리 운반이 요구될 경우, 보다 큰 유연성(flexibility)을 가질 수 있다는 점이다. 현장에서 콘크리트를 혼합할 때까지 시멘트를 건조하게 유지시키는 것이 가능하다면, 슬럼프 손실(slump loss) 및 가수의 발생도 피할 수 있는 장점이 있다.

2. 건식 레미콘 생산 플랜트

건식 레미콘 플랜트의 형식을 보면, 플랜트를 구성하는 각 부분을 수직으로 적층시켜 구성한 중력식(gravity style)과 지형 등의 조건을 고려하여 골재 계량부를 플랜트와 분리한 횡치식(low profile style)으로 나누어 볼 수 있다.

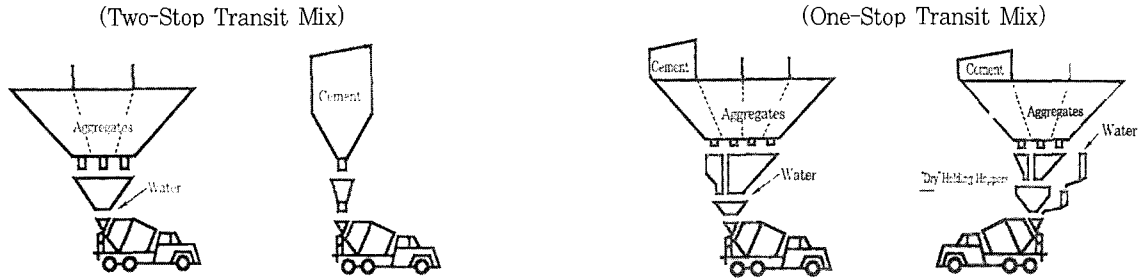
중력식 플랜트는 중력에 의해서 배치로부터 믹서로 재료를 이동시키는 것으로서, 상부로부터 재료 납입, 저장, 계량, 적재 등의 각 부분이 적층되어 있으며, 조작관리부는 계량실로부터 돌출된 형식과 플랜트와 분리하여 별도로 설치된 형식이 있다.

중력식 가운데 Two-Stop Transit Mix 방식은 골재와 시멘트의 저장·계량·투입이 별도로 이루어진다. 우선 골재와 물을 트럭 믹서에 투입한 후, 시멘트 사이로에서 시멘트를 계량·투입하게 된다. 이에 비하여 One-Stop Transit Mix 방식은 1개의 플랜트에서 시멘트, 골재, 물을 모두 일괄하여 트럭 믹서에 계량·투입하는 형태이다. 이 방식에서는 물을 별도로 계량·투입하고, 건식 재료, 즉 시멘트와 골재를 따로 모아 투입하는 'Dry Holding Hopper'를 가진 경우도 있다.

Low Profile 형태는 횡치식(橫置式)이라고도 하며, 골재를 지상 또는 지하의 빈(bin)에 설치하고, 그 하부에 계량조가 있으며, 계량이 완료된 골재를 벨트 컨베이어를 사용하여 트럭 믹서에 투입하는 구조이다. 또한, 골재와 시멘트를 혼합하여 벨트 컨베이어로 운반하는 설비를 갖춘 경우도 있다. 한편, 각각의 플랜트는 더블 배치를 요구하는 하프 사이즈 배치와 싱글 배치에 의한 풀 사이즈 배치로 구분된다. 이 가운데 더블 배치가 일반적인데, 이 방식의 장점은 배치 플랜트의 규모가 작고, 설비 비용이 낮으며, 두번째 배치가 계량되는 동안에 트럭 믹서에 이미 투입된 재료의 용적 축소(shrinking)가 가능하다는 점이다.

1. 다음 문헌을 참조 'CPMB Does cost survey on central versus transit mixing', Concrete Products, Nov. 1974, p.41. 'A study of economic factors of central mixing in the production of ready mixed concrete', CPMB Publication 103, Concrete Plant Manufacturers Bureau, Silver Spring, MD, 1976.

1) Gravity Style



2) Low Profile Style

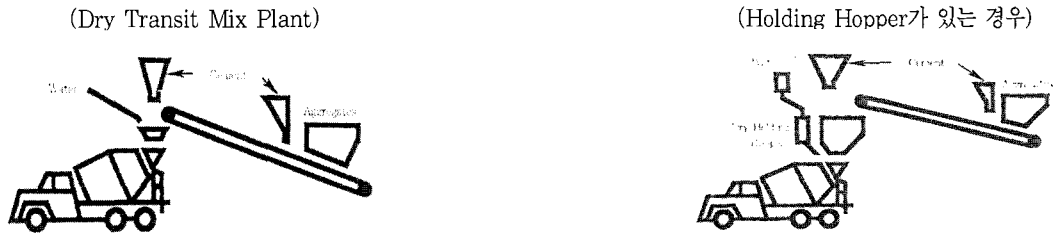


그림 2 건식 레미콘 생산 플랜트의 형태

3. 트럭 믹서(truck mixer)

1) 트럭 믹서의 설비

트럭 믹서는 시멘트·물·모래·자갈을 드럼 내에 투입한 후, 그 드럼을 회전시켜 재료를 혼합할 수 있는 구조로 되어 있다. 트럭 믹서 가운데는 콘크리트를 혼합하는데 필요한 물을 트럭의 사시에 설치된 탱크(용량 500 ~ 2000 ℓ)에 적재하고, 타설 현장까지 주행하면서 비빔수를 주입하여 콘크리트를 혼합하는 드라이 믹서(dry mixer)가 있다. 이 드라이 믹서는 배치 플랜트에서 타설현장까지의 거리가 멀어서 주행시간이 길어지거나 콘크리트의 품질 저하가 우려되는 경우에 적용한다.

현재 국내에서는 트럭 믹서가 사용되지 않고 있으나, 미국 및 유럽의 레미콘 공장에서는 고정믹서를 설치하지 않은 배치 플랜트도 많고, 레미콘의 비빔과 운반에 있어서 우리나라에서 사용하고 있는 경사형 트럭 에지테이터와 동일한 외형의 운반차가 트럭 믹서로서 사용되고 있다.

이러한 트럭 믹서에 요구되는 성능은 운반차로서의 트럭 에지테이터의 기능 이외에 콘크리트 재료(시멘트, 골재, 물, 혼화재료)를 균일하게 혼합하여 콘크리트를 제조할 수 있는 성능이 요구된다. 그리고 건비빔된 재료를 현장에서 혼합할 수 있도록 대형의 물탱크나 혼화재탱크, 급수장치 등이 필요하게 된다.

트럭 믹서를 믹서로서 사용할 경우, 드럼내 적재량은 트럭 믹서를 에지테이터로서 사용하는 경우에 비하여 80% 정도로 적게 하는 것이 요구되며, 드럼 회전수를 확인할 수 있도록 드럼회전계를 부착하는 것이 필요하다.

트럭 믹서가 에지테이터와 달리 믹서로서의 성능을 갖게되는

원인은 드럼 내의 블레이드가 매우 치밀하고, 고속의 회전이 가능하기 때문이다. 예를 들어 에지테이터 드럼의 회전속도는 대략 7 ~ 10 rpm 수준이나, 트럭 믹서는 혼합시 13 ~ 17 rpm이 가능하여 고속 회전에 의하여 콘크리트를 혼합하게 된다.

표 2 트럭 믹서의 일반적인 제원

구 분	제 원
호칭용량(nominal capacity)	4 ~ 12 m ³
드럼용적(drum geometric volumn)	6 ~ 19 m ³
드럼채움비율(filling ratio)	52 ~ 56 %
물탱크 용적	400 ~ 2000 ℓ
혼화재탱크 용적	40 ℓ 내외
드럼 회전스피드(혼합시)	14 ~ 18 rpm
유량계(water meter)	20 m ³ /h 내외
높이(사시부분제외)	2.23 ~ 2.79 m

주: CIFA(이탈리아), LIEBHERR(독일) 카다로그 참조

또한, 트럭 믹서에 특별히 설비되는 장치들로서는 다음과 같은 것을 들 수 있다.

① 물탱크(water tank) : 일반적으로 트럭 믹서에는 레미콘의 배출후 드럼 내부 및 호퍼를 세척하기 위하여 190 ~ 500 ℓ의 물탱크가 표준적으로 장착된다. 그러나 특별히 트럭 믹서로 사용할 경우에는 옵션에 의해 2000 ℓ까지 설비하는 것이 가능하다. 일반적으로 레미콘 6 m³를 혼합하는데 사용되는 물은 1000 ~ 1200 ℓ 내외이다. 물탱크에 저장된 수량은 항상 물탱크에 장착된 눈금자로서 측정하는 것이 가능하다.

② 물공급장치(유량계 : water meter) : 물탱크로부터 비빔수를 트럭의 드럼 내에 투입하기 위하여는 물 펌프(water pump)

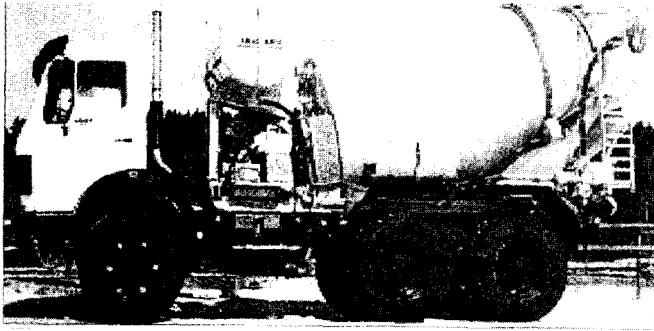
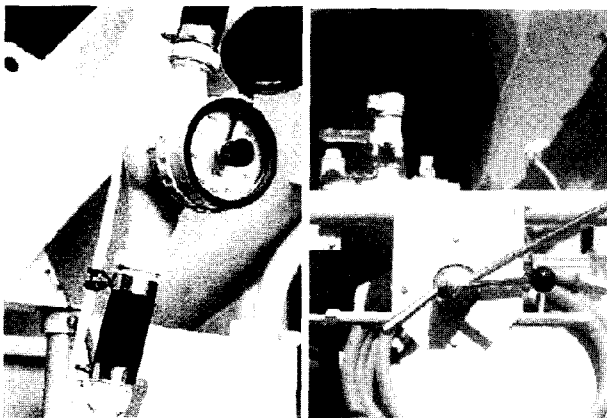


사진 1. 드라이 배정용 트럭 믹서

가 필요하며, 이 경우 드럼에 투입되는 수량(水量)을 정확히 측정할 수 있도록 유량계가 장착된다.

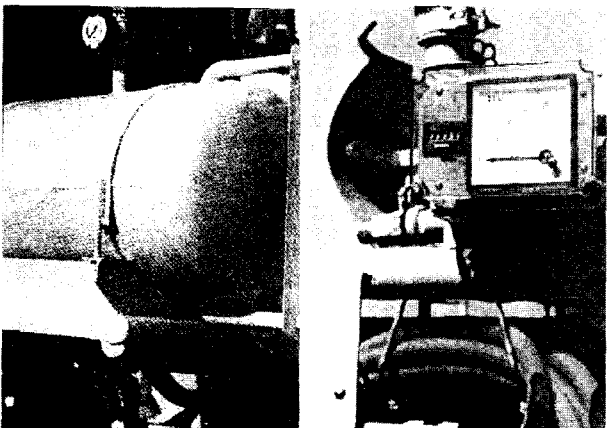
③ 혼합제 탱크(liquid additive tank) : 트럭 믹서 내에 혼합제의 직접 투입이 가능하도록 혼합제탱크를 설비해야 한다. 혼합제탱크는 옵션에 의해 종류별로 분리하여 설치할 수 있으며, 용량은 대개 35 ~ 80 l 정도이고, 공기압에 의하여 주입된다.

④ 싱글레버(single-lever) : 트럭사시의 후부에 장착된 싱글레버는 매우 단순한 장치로서 믹서드럼의 스피드와 방향을 조절하는 기능을 담당한다.



Water Supply System

Single-Lever Control



Liquid Additive Tank

Drum Revolution Counter

사진 2. 트럭 믹서에 도입되는 특수한 설비

⑤ 드럼회전계(drum revolution counter) : 트럭 믹서의 드럼에 의하여 혼합을 할 경우에는 드럼의 회전속도와 회전수를 측정하는 것이 필요하기 때문에 드럼회전계를 장착해야 하며, 경우에 따라서는 드럼속도계(drum speedometer)를 설비하는 경우도 있다.

2) 트럭 믹서의 분류

트럭 믹서는 형식으로 보아 크게 경사동형(傾斜棚形), 상부개방형, 수평동형으로 크게 나뉘어진다. 최근에 많이 사용되는 것은 경사동형으로서 호퍼(hopper) 개구부 상부에 회전축이 경사져 있고, 드럼 내부에 스파이럴(spiral) 모양의 날개를 두어 호퍼를 통하여 받은 재료를 깊숙히 보내어 중앙부에서 혼합되도록 되어 있다. 배출시에는 드럼을 역으로 회전시켜 개구부로 배출하게 된다.

경사형 트럭 믹서의 드럼 회전은 트럭엔진을 이용하는 방식과 독립된 엔진을 이용하는 두 가지 방식이 있는데, 전자는 트랜스미션, 프라이펠, 크랭크축 전단에서 회전 구동력을 취하는 구조이며, 후자는 독립된 엔진으로 공차 중량을 현저하게 줄이고 적재량을 크게 할 수 있는 장점이 있다.

동력의 전달 방식에 있어서는 기계식과 유압식이 있는데, 최근에는 대부분 유압식을 사용하고 있다. 드럼의 혼합용량은 3.5 m³에서 현재는 7 m³ 용량까지 생산되고 있는데, 외국에서는 10 m³ 용량의 트럭 믹서도 개발되고 있다.

상부 개방식은 콘크리트 재료를 상부 개구부에 투입하고 드럼 내에 설치된 날개를 회전시켜 혼합하고 드럼 저부의 문을 열어 콘크리트를 배출시키는 방식이다. 수평동형은 낮은 슬럼프의 콘크리트 운반에 용이하나 취급이 번잡하여 터널공사와 같은 특수한 공사에만 사용되고 있다.

한편, 배출 방식은 전통적인 후방배출유닛(rear discharge unit)과 최근 새롭게 등장한 전방배출유닛(front discharge unit)의 두 종류가 있다. 전방배출유닛은 특수한 트럭사시(chassis)를 필요로 하고, 후방배출유닛에 비하여 훨씬 비싼 유닛으로 구성되는 경향이 있다. 많은 소비자들은 전방배출유닛을 더 선호하는데, 그 이유는 트럭 운전수가 시공업자로부터 유도 지시를 받지 않은 채 현장 내로 운전하거나 슈트(chute) 동작을 조절할 수 있고, 트럭 운전석을 떠나지 않은 채 콘크리트를 배출하는 것이 가능하기 때문이다.

다만, 전방배출유닛은 후방배출유닛보다 훨씬 큰 드럼 용적을 요구하는 경향이 있다. 그 이유는 급정거시 콘크리트를 엮지르기 쉽고, 트럭운전석 위에 확장된 실린더형 단면은 콘크리트의 믹싱 효과를 저하시키는 경향이 있기 때문이다. 따라서 제조업자 측에서는 믹싱용량(rated mixing capacity)을 총 드럼용적의 절반 이하로 제시하고 있다.

4. 트럭 믹서에 의한 건식 레미콘 생산 프로세스

트럭 믹싱은 배치플랜트에서 미리 조합된(mix-proportioned) 콘크리트 재료들이 트럭 믹서에 의해 운반되고, 트럭 믹서 내에서 모든 혼합이 이루어지는 프로세스이다. 많은 생산자들은 적재 속도에 맞추어 트럭 믹서 내에 모든 원재료를 투입하고, 트럭 믹서가 공사현장에 도착하기까지는 드럼을 정지시킨 채 운행하며, 현장에 도착한 후에 혼합하는 방법을 사용하고 있다. 트럭 믹싱의 또 다른 방법은 공장 내에서 트럭 믹서에 의해 모든 혼합을 완결하고, 드럼을 교반속도로 회전시키면서 현장까지 운반하는 것이다. 트럭믹싱에 의하여 혼합하는 경우의 일반적인 제조방법은 다음과 같다.

1) 재료 투입

재료 투입에는 일반적으로 다음과 같이 두 가지 방식이 있다. 일반적으로 A방법을 많이 사용하나 플랜트 설비에 따라서는 B방법을 이용하기도 한다.

① 방법 A (투입순서)

- i) 2/3의 물
- ii) 자갈, 모래, 시멘트의 순(또는 그 혼합물)
- iii) 1/3의 물

② 방법 B (투입순서)

- i) 물 전량
- ii) 자갈, 모래, 시멘트의 순(또는 그 혼합물)

트럭 믹서의 드럼 내에 혼합물이 적재될 때에는 제조업자에 의하여 설계된 속도로 드럼 회전을 실시한다. 재료 투입시 드럼 회전수는 8 ~ 12 rpm이 보통이나 제조되는 콘크리트의 종류와 혼합시간에 따라 결정하는 것이 바람직하다.

트럭 믹서 내에 재료가 적재되는 동안에는 드럼 상부에서 재료의 응집(packing), 특히 모래와 시멘트의 응집이 일어나지 않도록 설계되어야 한다. 모래와 시멘트를 투입하기 이전에 드럼 내에 물과 굵은골재의 약 10%를 미리 포설함에 의하여 응집 현상을 크게 감소시킬 수 있다.

또한, 비빔수의 취급에 주의해야 한다. 일반적으로 비빔수의 1/4 정도는 다른 모든 혼합물들이 적재된 후에 드럼의 배출 선단으로부터 투입된다. 물적재 파이프는 믹서 내의 지정된 지점에 물을 정확히 투입할 수 있도록 충분한 크기를 가져야 하며, 물의 적재 시간은 혼합시간의 최초 25% 내에서 완결되도록 설계되어야 한다.

화학혼화제는 각 배치마다 균등하게 믹서로 투입되어야 한다. 액상의 혼화제는 물 혹은 습윤 상태의 모래와 함께 투입하는 것이

좋다. 분말형 혼화제는 다른 건조한 혼합물과 함께 믹서안으로 연속해서 투입해야 한다. 여러 종류의 혼화제가 사용될 때에는 미리 선비믹(premixing)이 불가능할 경우에는 각각 독립적으로 투입해야 한다. 그리고 각각의 혼화제는 트럭 믹서 내에 투입하기 전에 적절히 무게 희석해야 한다. 콘크리트를 완전히 혼합하기 위하여는 어떠한 경우에도 트럭 드럼 믹서 내에 투입되는 모든 혼합물의 총 절대용적은 드럼 용적의 63%를 초과하면 안된다.

2) 비빔수의 조절

레미콘의 생산에 있어 특별한 주의가 요구되는 것이 비빔수의 조절이다. 비빔수가 부적당하게 투입되거나 잘못 조절된다면 곧바로 콘크리트의 품질을 저하시키게 된다. 콘크리트의 비빔수는 또한 콘크리트의 유동성, 즉 소정의 슬럼프를 확보하는데 필수적이다. 단위수량은 배합비율, 운반거리, 타설시간, 기상온도조건 등에 영향을 받는다.

겨울철이나 단거리 운송에 있어서는 레미콘의 운반, 타설에 있어서 비빔수와 관련된 문제는 거의 없다. 그러나 공급시간이 늦어지거나 혹은 불규칙할 경우, 나이가 운반거리가 길거나 날씨가 더울 경우에는 가수 등의 행위가 나타날 우려가 있다.

슬럼프 로스(slump loss)를 보정하기 위하여 물을 추가할 경우에는 최대 물-시멘트비를 초과하지 않도록 해야 한다. 더운 여름철에 있어서는 운반과 타설을 빨리 진행시키거나 비빔온도의 조절, 지연제(retarders)의 사용에 의하여 작업성(workability)의 손실을 최소화할 수 있다.

「ASTM C 94」에서는 시간의 경과와 더불어 슬럼프 손실이 발생하기 때문에 초기 믹싱에서 현장에서 요구하는 슬럼프보다 더 높게 제조하도록 규정하고 있다. 슬럼프를 회복시키기 위하여 물을 첨가할 경우에도 콘크리트를 배출하는 동안에는 가수 행위가 허용되지 않는다.

일반적으로 비빔수는 플랜트에서 모두 투입하는 것이 바람직하다. 그런데 더운 날씨에는 트럭 믹서가 현장에 도착할 때까지 비빔수의 투입을 약간 보류하는 것이 바람직한 경우가 있다. 이 경우에는 현장에서 나머지 비빔수를 투입하고, 추가되는 물이 콘크리트와 적절히 혼합되도록 소정의 혼합속도로서 드럼 회전을 실시하면 된다. NRMCA(National Ready-Mixed Concrete Association)에서는 만약 이 경우 믹싱 속도가 15 rpm보다 낮다면 약 30 회전이 필요한 것으로 제안하고 있으며, 믹싱 속도가 22 ~ 25 rpm이라면 5 ~ 10 회전으로도 충분한 것으로 보고하고 있다.²⁾ 그런데 이 방법에 의해서도 슬럼프 혹은 작업성의 손실을 방지하는 것이 불가능할 때에는 건식 배합(dry batching)

2. Gaynor, R. D. and Mullarky, J. I., 'Mixing concrete in a truck mixer', Publication 148, National ready mixed concrete association, Silver Spring, MD, Jan. 1975, pp.1~14

을 사용하여 현장에서 콘크리트를 혼합하는 것이 바람직하다. 나아가 「ASTM C 94」에서는 시멘트가 물과 접촉한 후 90분 이내, 혹은 드럼이 300 회전에 도달하기 이전에 배출을 완료하도록 규정하고 있다.

3) 트럭 믹서에 의한 혼합

모든 재료가 완전히 적재된 후에는 혼합을 완료하기 위하여 드럼을 70 ~ 100 회전해야 한다. 그런데 적재 과정이 최적으로 이루어진다면, 트럭 믹서는 30 ~ 40 회전에서도 균질하게 비벼진 콘크리트를 생산하는 것이 가능하다. 혼합 시간은 재료 투입후 5분 정도가 필요하나, 실제로는 콘크리트의 종류나 드럼 회전수에 따라 다르기 때문에 시험혼합에 의하여 결정하는 것이 좋다.

콘크리트를 혼합할 시에는 약 3분후에 검사대에 올라가서 혼합되는 콘크리트의 농도를 검사하는 것이 필요하다. 원재료를 어떻게 적재했느냐에 따라 콘크리트는 혼합되는 가운데서도 건조하거나 축축한 상태가 지속되고 혹은 골재가 제대로 혼합되지 않는 경우가 있으므로 계속 혼합을 하면서 콘크리트의 농도가 균질해질 때까지 관찰해야 한다.

믹서의 드럼이 100 회전을 했는데도 콘크리트의 농도가 만족스럽지 못할 경우에는 다른 원인을 찾아보아야 한다. 즉, 혼합을 하는 블레이드(blade)가 마모되었던가, 블레이드에 콘크리트가 많이 부착되었던가, 혼합설비의 성능이 미미하던가, 아니면 콘크리트를 혼합할 시에 비정상적 방법을 사용했던가 등의 원인이 존재한다.

한편, 공장에서 트럭 믹서에 의하여 혼합을 완료할 경우, 수량계가 플랜트에 설치되지 않았을 경우에는 차량에 달린 수량계를 사용해야 한다. 이 경우, 혼합에 사용되는 물의 25%는 혼합원료를 드럼에 넣기 전에 투입하여야 하며, 60%의 물은 원재료의 절반을 드럼에 넣은 후에 필요로 하고, 나머지 15%는 원재료를 드럼에 다 넣은 후에 필요로 한다.

만약 혼합후에, 또는 부림(discharge) 전에 시간이 부차적으로 경과되는 경우에는 드럼 속도를 교반 속도로 감소시키거나 혹은 정지시켜야 한다. 배출 직전에는 혼합물의 재비빔(remixing)이 가능하도록 소정의 혼합속도로써 드럼을 10 ~ 15 회전시켜야 한다.

한편, 「ASTM C 94」에서는 드럼의 총 회전수를 최대 300 회전으로 제한하고 있다. 이것은 연석(軟石)의 연마(grinding), 슬럼프 로스(slump loss), 믹서의 마모, 여름철에 콘크리트 품질에 미치는 영향을 방지하기 위하여 규정하고 있는 것이다.

4) 교반

투입 또는 혼합후에는 엔진 회전을 공전 상태로 하고, 조작 레버를 교반 위치에 놓는다. 드럼 회전수는 대개 1 ~ 3 rpm으로 하고, 드럼의 회전 방향은 정회전으로 한다. 노면이 고르지 않은 노선을 주행할 때에는 드럼을 일단 정지한 다음 주행하며, 오르막

길의 주행에 있어서는 콘크리트가 유동물이기 때문에 하중이 뒤로 쏠리므로 하중의 균형을 고려하여 규정 적재량을 엄수하도록 한다. 만약, 규정량이 넘으면 콘크리트가 넘치거나 핸들 조작이 불안정하여 주행 안정성을 유지할 수 없게 된다. 일시 정차(대기)의 경우에도 드럼은 교반 주행과 같이 완속 회전을 계속한다.

5) 배출

양질의 콘크리트를 공급하기 위하여 배출전에 반드시 혼합을 실시한다. 조작레버 위치를 투입 측으로 하고 엔진 회전수를 높여 드럼 회전수를 8 ~ 12 rpm 정도로 2 ~ 3분간 실시한다. 그 후 슈트의 로크(lock)를 해제하여 사용 가능 상태로 하고, 배출에 앞서 배출 장소 등에 따라 서브 슈트(sub chute)를 장착하고 슈트의 방향, 높이 등을 결정한다.

조작 레버를 배출 위치로 하면 드럼이 역전하여 콘크리트가 배출된다. 역전방지장치가 있는 경우에는 이 장치를 해제한 후에 조작레버를 배출 위치로 한다. 그리고 콘크리트의 배출을 일시 중단할 때에는 정지 위치로 한다. 조작레버를 조작하는 경우는 투입 → 정지 → 배출의 순서를 지킨다. 배출시의 드럼 회전수는 타설 현장의 조건에 따라 가감한다.

6) 드라이 배치 콘크리트(dry batched concrete)

트럭 믹싱에서 운송시간의 연장을 위한 절차들은 종종 '드라이 배칭(dry batching)'으로 불리며, 장거리 운반시 혹은 시멘트와 물의 혼합을 지연시키거나 불가피하게 타설 작업이 지연되는 경우에 적용한다.

이 방법은 특수한 경우에 사용되는 방식인데, 건재료는 트럭 믹서의 드럼에 적재하여 공사현장까지 운반되고, 비빔수는 트럭에 적재된 별도의 분리된 탱크로 운반된다. 그런데 시멘트와 습윤상태의 골재가 서로 접촉할 때, 골재 중의 자유수(free moisture)가 약간의 시멘트의 수화(hydration)를 가져오게 된다. 그러므로 재료들을 이 상태로 무한정 지속하여 둘 수는 없다.

건재료를 트럭 믹서에 투입하고 공사현장까지 운반한 후, 그때 비빔수를 투입한다. 물은 혼합 속도하에서 드럼의 회전과 함께 투입한다. 콘크리트의 혼합을 보다 용이하고 균질하게 하기 위하여는 드럼의 전면과 후면의 양쪽에서 압력을 통하여 비빔수를 투입하는 것이 바람직하다. 비빔은 대개 트럭 믹서에 요구되는 70 ~ 100 회전으로 완결된다.

5. 건식 레미콘 생산 방식의 도입 방향

이상에서 살펴본 바와 같이 트럭 믹싱에 의한 건식 레미콘 생산 방식은 구미나 동남아시아에서 주로 사용하고 있는 방식이다. 우리나라에서는 2001년 현재 전국에 735개의 레미콘 공장이 존

재하고 있기 때문에 건식 생산이 불필요하다고도 볼 수 있다. 그러나 최근들어 도심지 교통체증의 심화, 현장작업여건의 악화, 레미콘 품질관리의 미흡, 현장에서의 가수 행위 등으로 인하여 레미콘의 품질 확보가 더욱 어려워지고 있다. 따라서 트럭 믹싱, 특히 드라이 배칭(dry batching)에 의한 건식 레미콘 생산방식을 도입할 필요가 있다.

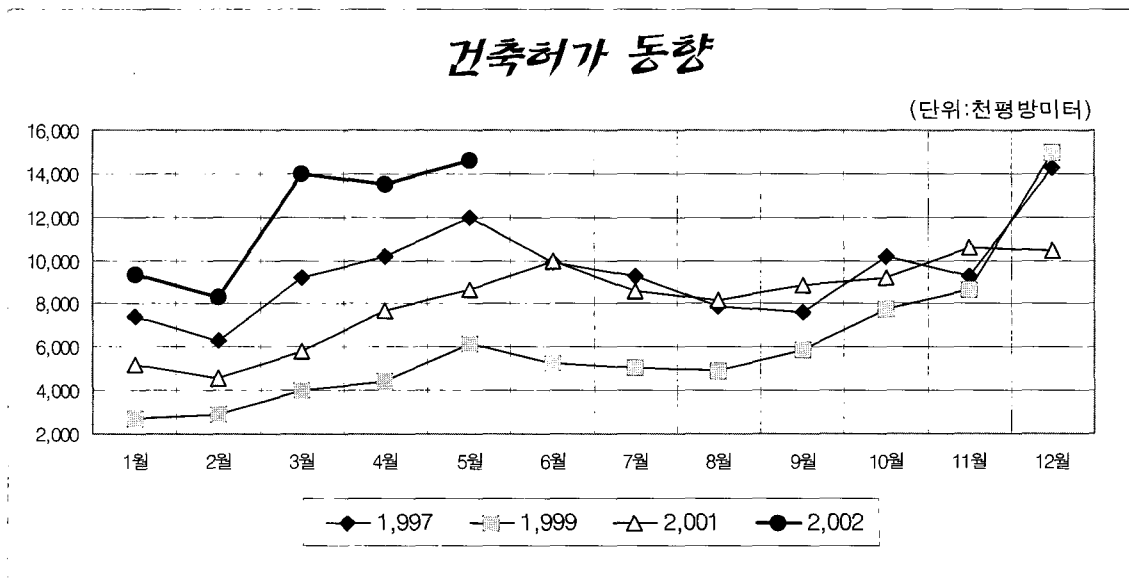
레미콘 업계에서도 건식 레미콘 생산방식을 도입할 경우, 현장의 품질검사에서 불합격될 확률을 줄일 수 있어 품질관리비용 및 폐레미콘 처리 비용을 경감할 수 있다. 또한 새로운 수요 창출이라는 전제에도 부합된다고 생각된다. 그러나 이러한 생산시스템의 변혁이 레미콘 시장에 미치는 영향은 과소 평가할 수는 없다. 따라서 경제성에 대한 충분한 검토가 필요하다. 또한, 현장 적용시에 있어서 발생할지 모르는 품질 문제를 보완하기 위하여 충분한 현장 적용 시험이 요구된다.

건식 레미콘은 기술적 측면에서 볼 때, 트럭 믹서(트럭 믹서)의 보급이 전제된다면, 비교적 단기간에 도입하는 것이 가능할 수 있다. 다만, 제도적으로는 레미콘 제조 방식을 센트럴믹스로 한정하고 있는 현행의 「KS F 4009 규격」을 개정할 필요성이 있다.

설비 측면에서는 현행 배치 플랜트를 이용하는 것이 기술적으로 어려움이 있다. 운반설비도 현행 레미콘 업계에서 사용하고 있는 트럭 에지테이터가 아닌 트럭 믹서를 사용해야 한다. 트럭 믹서는 믹서로서의 역할 이외에 에지테이터로서의 역할도 가능하기 때문에 앞으로 특정차 제조업체에서는 트럭 믹서 생산라인을 확대할 필요성이 있다. 나아가 건식 레미콘은 운반 도중 또는 건설현장에서 트럭 믹서의 운전자에 의해 품질이 좌우될 확률이 높으므로 트럭 믹서의 운전자에 대하여 품질관리 교육이 철저히 이루어져야 한다. □

참고문헌

1. Robert W. Strehlow, "Concrete Plant Production", Concrete Plant Manufacturers Bureau, 1973.
2. "Standard Specification for Ready-Mixed Concrete", ASTM C 94.
3. "Guide for Measuring, Mixing, Transporting, and Placing Concrete", ACI Committee Report, ACI 304R-85, Title No.82-21, ACI Journal, May-June, 1985, pp.245~247.
4. Richard D. Gaynor, "Ready Mixed Concrete", NRMCA, 1994, pp.516~518.
5. Meininger, R. C., "Study of ASTM Limits on Delivery Time", Publication 131, National Ready Mixed Concrete Association, Silver Spring, MD, Feb. 1969, pp.1~17.
6. Gaynor, R. D. and Mullarky, J. I., "Mixing Concrete in a Truck Mixer", Publication 148, National Ready Mixed Concrete Association, Silver Spring, MD, Jan. 1975, pp. 1~14.
7. "Concrete Plant Mixer Standards of the Plant Mixer Manufacturers Division(Sixth Revision)", Concrete Plant Manufacturers Bureau, Silver Spring, MD, 1990. 4.
8. Robert L. Peurifoy, William B. Ledbetter, "Construction Planning, Equipment & Methods(Fourth Edition)", 1985.
9. 成田英一, "生コン크리트製造設備", 콘크리트工學, Vol.31, No.3, 1993. 3, pp.32~36.
10. 安山 信, "콘크리트製造의發展", 콘크리트工學, Vol.30, No.4, 1992. 4, pp.79~84.
11. 政村兼一郎, "歐洲生コン크리트業界技術視察團の報告", 月刊生コン크리트, 1988. 6.
12. 최민수, "건식 레미콘 생산시스템의 특성 및 도입방안", 한국건설 산업연구원, 1996. 10.



[출처 : 건설경제과]