트럭믹싱(Truck mixing)에 의한 레미콘 생산기술의 특성 및 도입방안(Ⅱ)

崔 敏 壽
〈한국건설산업연구원 부연구위원, 工博〉

1. 머릿말
2. 레미콘생산 · 공급체계의 분류 및 현황분석
 2.1 레미콘생산 · 공급시시템의 분류
 2.2 각국의 레미콘생산 · 공급체계
3. 건식레미콘 생산설비
 3.1 건식레미콘 생산용배처플랜트
 3.2 트럭믹서
4. 트럭믹싱에 의한 건식레미콘 생산 프로세서
 4.1 재료투입
 4.2 트럭믹서에 의한 혼합
 4.3 교반 및 배출
 4.4 드라이배치콘크리트
5. 건식레미콘의 생산 · 공급을 위한 기술적 논의과제 검토
6. 건식레미콘생산시스템의 도입 방안 및 과제
 6.1 건식레미콘 생산시스템의 도입 방안
 6.2 건식 레미콘의 실용화를 위한 선결과제
7. 맺음말

4. 트럭믹싱에 의한 건식 레미콘 생산 프로세스

트럭믹싱은 배치플랜트에서 미리 조합된(mix-proportioned) 콘크리트재료들이 Truck Mixer에 의해 운반되고, Truck Mixer내에서 모든 믹싱이 수행되는 프로세스이다.

많은 생산자들은 적재속도에 맞추어 Truck Mixer내로 모든 혼입물을 투입하고, Truck Mixer가 공사현장에 도착하기까지, 혹은 가까이 갈 때까지 드럼을 정지시킨채 운행하며, 현장에 도착한 후, 그 때 믹싱을 수행하는 방법을 사용하고 있다. 트럭믹싱의 또 다른 방법은 생산자의 부지에서 Truck Mixer내에서 모든 믹싱을 완결하고, 드럼을 교반속도로 회전시키면서 현장까지 운반하는 것이다.

웨트 믹싱(wet mixing) 즉, 플랜트의 혼합 투입에 의하지 않고 트럭믹싱에 의하여 혼합하는 경우의 일반적인 제조방법은 다음과 같다.

4.1 재료투입

1) 재료의 투입방법

재료의 투입방법에는 다음과 같이 두가지가 있다.

① 방법 A (투입순서)

ⅰ) 2/3의 물

ⅱ) 자갈, 모래, 시멘트의 順(또는 그 혼합물)

iii) 1/3의 물

② 방법 B (투입순서)

i) 물 전량

ii) 자갈, 모래, 시멘트의 순(또는 그 혼합물)

일반적으로 A 방법을 많이 사용하나 플랜트 설비에 따라서는 B 방법을 이용하기도 한다.

트럭믹서의 드럼내에 혼입물이 적재될 때에는, 제조업자에 의하여 설계된 속도로 드럼 회전을 실시해야 한다. 재료투입시 드럼회전수는 8~12 rpm이 보통이나, 이 회전수는 제조되는 콘크리트의 종류와 혼합시간에 의하여 결정함이 바람직하다.

Truck Mixer내에 재료가 적재되는 과정은 적재하는 동안 드럼의 상부에서 재료의 응집(packing), 특히 모래와 시멘트의 응집을 피하도록 설계되어야만 한다. 응집의 가능성은 모래와 시멘트의 투입 이전에 믹서드럼안으로 물과 조골재의 약 10%를 포설함에 의하여 감소시킬 수 있다.

또한 비빔水의 취급에 특별히 주의를 기울여야만 한다. 일반적으로 비빔수의 1/4에서 1/3 정도가 모든 다른 혼입물들이 적재된 후에 드럼의 배출선단으로부터 더해진다. 물적재 파이프들은 물이 믹서내로 잘 지정된 지점에 들어가도록 충분한 크기를 가지도록 해야하며, 물의 적재가 혼합시간의 최초 25%내에 완결되도록 적절히 설계되어야만 한다.

화학혼화제는 각 배치마다 믹싱흐름에 있어서 균등하게 믹서로 투입되어야만 한다. 액상의 혼화제는 물 혹은 습윤상태의 모래와 함께 투입되어야 하고, 분말형 혼화제는 다른 건조한 혼입물과 함께 믹서안으로 연속해서 들어가야 한다.

한 개 이상의 혼화제가 사용될 때, 선비빔(premixing)이 불가능할 경우에는, 각각 독립적으로 투입되어야 한다. 그리고 각 혼화제는 트럭믹서내에 투입되기 전에 적절히 묽게 희석해야 한다.

어느 경우에든 완전한 믹싱을 얻기 위하여 트럭드럼믹서내에 투입되는 모든 혼입물의 총 절대용적은 드럼용적의 63%를 초과하면 안된다.

2) 비빔수의 조절

레미콘의 생산에 있어 특별한 주의가 요구되는 사항중의 하나로서 비빔수의 조절을 들 수 있는데, 비빔수가 부적당하게 투입되거나 잘못 조절된다면, 곧바로 콘크리트품질의 저하를 가져온다.

콘크리트의 비빔에 소요되는 물은 적절한 콘크리트의 유동성, 즉 소정의 슬럼프를 확보하는데 필수적이다. 單位水量은 배합비율, 운반거리, 타설시간, 기상온도조건 등에 영향을 받는다. 겨울철, 단거리 운송, 신속한 공급에 있어서는 레미콘의 운반 · 타설에 있어서 슬럼프의 변동 등으로 인한 과도한 비빔수의 요구 등과 같은 문제는 거의 존재하지 않는다. 그러나 공급시간이 늦어지거나 혹은 불규칙할 경우, 그리고 운반거리가 길거나, 날씨가 덥거나 할 경우는 정반대로 되는 것이 사실이다.

슬럼프로스(slump loss)를 보정하기 위하여 물을 추가할 경우는 최대 물시멘트비를 초과하지 않도록 해야 한다. 더운 여름철에 있어 작업성(workability)의 손실은 운반과 타설을 빨리 진행시키거나, 비빔온도의 조절, 지연제(retarders)의 사용에 의하여 최소화할 수 있다.

ASTM C 94에서는 콘크리트는 시간의 경과와 더불어 슬럼프의 손실이 발생하기 때문에, 슬럼프를 회복시키기 위하여 물을 첨가하거나 혹은 초기믹싱에 있어서 슬럼프를 현장에서 요구하는 것보다 더 높게 하도록 규정하

고 있다. 슬럼프의 손실비율은 콘크리트의 온도, 시멘트의 특성, 사용된 혼화제 등과 같은 다양한 요인들에 의존한다. 또한 건설현장에서 레미콘의 반복되는 반죽(tempering)이나 加水(retempering)는, 특히 배출하는 동안에 있어서는 허용되지 않는다.

일반적으로 비빔수는 가능한 한 모두 센트럴플랜트에서 투입되는 것이 바람직하다. 그런데 더운 날씨에는 Truck Mixer가 현장에 도착할 때까지 약간의 비빔수의 투입을 보류하는 것이 바람직할 때가 존재한다. 현장에서 남겨진 要求水量을 더하고, 추가되는 물이 콘크리트와 적절히 혼합되도록 추가로 소정의 혼합속도로서 부가적으로 드럼회전을 하는 것이 필요하다. NRMCA(Nationa ReadyMixed Concrete Association)에서는 만약 이 경우 믹싱속도가 15rpm보다 낮다면 약 30회전이 필요한 것으로 제안하고 있으며, 믹싱속도가 22~25rpm이라면 5~10회전으로도 충분한 것으로 보고하고 있다.[6] 그런데 슬럼프 혹은 작업성의 손실이 이 방법에 의하여 상쇄되는 것이 불가능할 때에는 건식 배합(dry batching)을 사용하여 콘크리트의 비빔이 완전하게 현장에서 수행되어야 한다.

나아가 ASTM C 94에서는 시멘트가 물과 접촉한 후 90분 이내에, 혹은 드럼이 300회전에 도달하기 이전에, 어느 것이 먼저오든 배출을 완료하도록 요구하고 있다.

4.2 트럭믹서에 의한 혼합

모든 재료가 완전히 적재된 후에는 정상적인 조건하에서 혼합을 완료하기 위하여 混合速度로서 70~100회전을 통하여 드럼회전을 실시하여야 한다. 혼합속도란 일반적으로 트럭믹서의 드럼회전수의 rpm이 7-13정도인 것을 말한다. 외국의 트럭믹서 가운데는 17rpm까지 가능한 경우가 존재한다.

그런데 적재과정이 최적으로 이루어진다면, Truck Mixer는 30~40회전에서도 균질하게 비벼진 콘크리트를 생산하는 것이 가능하다. 혼합시간은 재료투입후 5분정도가 필요하나, 실제에 있어서는 콘크리트의 종류, 드럼회전수에 따라 다르기 때문에 시험혼합에 의하여 결정하는 것이 좋다.

차량을 건조 혼합설비로부터 끌어내서 콘크리트를 혼합할 시에는 드럼의 속도를 10rpm 이상으로 올려야 하며, 약 3분후에 검사대에 올라가서 혼합되는 콘크리트의 농도를 검사하는 것이 필요하다. 원료를 어떻게 적재했느냐에 따라 콘크리트는 혼합이 지속되는 가운데서도 건조한 상태, 축축한 상태 혹은 골재 또는 모래가 제대로 혼합되지 않는 상태가 보일 수도 있으므로, 계속 혼합을 하면서 콘크리트의 농도가 균일할 때 까지 관찰해야 한다.

믹서의 드럼이 100회전을 했는데도 콘크리트의 농도가 만족할 정도가 되지 못할 경우에는 다른 원인을 찾아 보아야 한다. 즉, 혼합을 하는 블레이드(blade)가 많이 마모됐다든가, 블레이드에 콘크리트가 많이 부착되었던가, 아니면 혼합설비의 성능이 미미하던가, 또는 콘크리트를 혼합할 시에 비정상적 방법을 사용했다던가 하는 원인들이 존재한다.

한편 콘크리트의 믹싱을 공장에서 트럭믹서에 의하여 완료할 경우, 콘크리트 배합에 사용되는 물을 공급하는 수량계가 건조식 혼합설비에 설치되지 않았을 경우에는 차량에 달린 수량계를 사용해야 한다. 이 경우, 혼합에 사용되는 물의 25%는 혼합원료를 드럼에 넣기전에 투입하여야 하며, 60%의 물은 원료의 절반을 드럼에 넣은 후에 필요로 하고, 나머지 15%는 원료를 드럼에 다 넣은 후에 필요로 한다.

만약 혼합후에, 또는 부림(discharge)전에 시간이 부차적으로 경과되는 경우가 발생할 경우에는, 드럼속도를 rpm 2-6정도의 攪搬速度로 감소시키던가 혹은 정지시켜야 한다. 배출 직전에는 정체되어 있는 혼합물의 재비빔(re-mixing)이 가능하도록 드럼을 소정의 혼합속도로써 10~15회전을 다시 반복해야 한다.

한편 ASTM C 94에서는 드럼의 총 회전수를 최대 300회전으로 제한하고 있다. 이것은 軟石의 錬磨(grinding), 슬럼프로스(slump loss), 믹서의 마모, 더운 날씨에서 콘크리트에 대한 바람직하지 못한 영향때문에 규정하고 있는 것이다.

4.3 교반 및 배출

1) 교 반

투입 또는 혼합후에는 엔지회전을 공전상태로 하고, 조작레버를 교반위치에 놓는다. 드럼회전수는 대개 1~3 rpm으로 하고, 드럼의 회전방향은 정회전으로 한다.

노면이 고르지 않은 노선을 주행할 때에는 드럼을 일단 정지한 다음 주행하며, 오르막길의 주행에 있어서는 콘크리트가 유동물이기 때문에 하중이 뒤로 쏠리므로 하중의 균형을 고려하여 규정적재량을 반드시 엄수하도록 한다. 만약, 규정량이 넘으면 콘크리트가 넘치거나 앞부분의 하중이 작게 되어 핸들(handle) 조작이 불안하여 주행안정성을 유지할 수 없게 된다. 대기를 위한 일시정차의 경우에도 드럼은 교반주행과 같이 완속 회전을 계속한다.

2) 배 출

양질의 콘크리트를 공급하기 위하여 배출전에 반드시 혼합을 실시하되, 조작방법은 투입혼합과 같이 조작레버 위치를 투입측으로 하고 엔진회전을 높혀 드럼회전수를 8~12 rpm으로 하여 2~3분간 실시한다. 그 후 슈트의 로크(lock)를 해제하여 사용가능 상태로 하며, 배출에 앞서 배출장소 등에 따라 서브 슈트(sub chute)를 장착하고 슈트의 방향, 높이도 결정한다.

조작레버를 배출위치로 하면 드럼이 역전하여 콘크리트가 배출된다. 역전방지장치가 있는 경우에는 이 장치를 해제한 후에 조작레버를 배출위치로 한다. 그리고 콘크리트의 배출을 일시 중단할 때에는 정지위치로 하며, 조작레버를 조작하는 경우는 투입하고 즉시 배출로 하지 않으며 투입→정지→배출의 순서를 지킨다. 배출시의 드림회전수는 타설현장 사정에 따라 가감한다.

4.4 드라이배치콘크리트(dry batched concrete)

한편, 트럭믹싱에서 운송시간의 연장을 위한 절차들은 종종 'Dry Batching'으로 불리며, 장거리 운반시에 혹은 시멘트와 물의 혼합의 지연을 시도하는 방법으로서, 불가피하게 타설작업이 지연되는 경우에 적용하기 위하여 도입된다.

이 방법은 특수한 경우에 사용되는 방식으로서, 건재료들이 Truck Mixer 안에서 공사현장까지 운반되고, 비빔수는 트럭에 적재된 별도의 분리된 탱크로 운반된다. 그런데 시멘트와 습윤상태의 골재가 서로 접촉할 때, 골재중의 자유수(free moisture)가 약간의 시멘트의 水和(hydration)를 가져오게 된다. 그러므로 재료들은 이 방법으로 무한정 지속하여 둘 수는 없다.

건재료를 Truck Mixer에 뱃치하고, 공사현장까지 운반한 후, 그 때 모든 비빔수를 투입한다. 물은 혼합속도하에서 드럼의 회전

과 함께, 혼합을 보다 용이하고 균질하게 하기 위하여 드럼의 전면과 후면의 양쪽에서 압력을 통하여 투입하는 것이 바람직하며, 비빔은 대개 Truck Mixer에 요구되는 70~100 회전으로 완결된다.

5. 건식레미콘의 생산 · 공급을 위한 기술적 논의과제 검토

1) 습윤골재의 사용 가능여부

Truck Mixed Concrete에서, Dry Batching에 의하여 현장에서 믹싱을 수행하는 경우에, 습윤상태의 골재를 사용하는 것이 가능한가, 그렇지 않으면 예외없이 완전 건조 혹은 표면건조의 골재만을 사용하는 것이 요구되는가에 대하여는 그동안 국내에서 논란이 되어왔다.

그러나 각국의 레미콘관련 규격이나 시방을 볼 때, 어디에도 건조된 혹은 표면건조된 골재를 사용하라는 규정은 없다. 미국 등 구미지역에서도 일반적으로 건식레미콘의 생산에 습윤상태의 모래와 자갈이 사용되고 있다. 단, 골재의 함수량 결정과 비빔수 요구량의 조절은 각 배치마다 정확히 이루어져야 한다.

2) 건식레미콘에 있어서 운송도중에 드럼 회전의 여부

트럭믹싱에 있어 운송도중에 비빔을 완료한다면, 재료분리를 방지하고, 콘크리트 균질성의 요구조건에 부합되도록 Truck Mixer는 일반적으로 믹싱이 완성된 후에 교반속도로서 회전하는 것이 바람직하다.그러나 Dry Batch로 구성되어 건설현장에 도착한 후, 비빔수를 투입하는 경우에는 운송도중에 드럼의 회전을 시키지 않는 것이 바람직하다.

3) 트럭믹서 운전자에 대한 자격조건

트랜싯믹스트콘크리트에 있어서 Truck Mixer 운전자는 콘크리트의 품질관리에 중요한 역할을 수행하고 있다. 따라서 Truck Mixer 운전자에 대한 특별한 요구조건 혹은 자격, 면허 등이 논란이 되는 경우가 있다.

습식생산과 달리 건식생산에 있어서는 트럭믹서의 운전자는 레미콘의 품질관리에 중요한 요소이다. 따라서 건식생산이 활성화되어 있는 구미지역에서는 대부분의 회사에서 운전자에 대하여 운송 및 작동방법 그리고 콘크리트의 기술 생산품질 등에 대하여 집중적인 훈련을 시키고 있다. 미국에서 중장비를 운전하는 모든 오퍼레이터는 U.S. DOT Commercial Drivers License를 가지는 것이 요구되고 있다. 그러나 이 면허는 콘크리트의 품질관리에 관계되는 어떠한 특별한 요구조건을 포함하고 있지는 않다.

4) 동일한 배쳐플랜트에서 습 · 건식의 혼용 생산 가능여부

미국의 많은 공장에서 동일한 플랜트안에서 드라이배치와 센트럴믹스의 양쪽 수용력을 가지고 있다. 영국에서도 일반적으로 습 · 건식의 혼용이 실용화되고 있다. 단, 이러한 습 · 건식의 혼용을 위하여는 레미콘의 운반장비로서 비빔성능을 가지고 있는 트럭믹서의 사용이 전제되어야 한다.

5) 건식과 습식의 배합 차이

일반적으로 습식과 건식에 있어서 배합에 차이는 없다. 그러나 센트럴믹스에서 더 균질한 콘크리트를 생산하는 경향이 있기 때문에 경우에 따라서는 센트럴믹스의 적용에 있어서는 배합강도의 할증률이 감소되는 사례가 존재한다.

6. 건식레미콘 생산시스템의 도입 방안 및 과제

6.1 건식레미콘 생산시스템의 도입방안

건식 레미콘 생산시스템은 많은 장점에도 불구하고 현재 국내에서는 전적으로 습식 레미콘생산방식이 채용되어 왔기 때문에, 이러한 시장구조하에서 건식레미콘 생산시스템을 도입하고 활성화하기 위하여는 인위적으로 레미콘생산시스템을 전면적으로 바꾸는 것은 위험성이 있으며, 역효과가 더욱 클 것으로 생각된다.

따라서 이러한 충격을 완화하는 방안으로서

① 레미콘 생산시스템을 건식으로 전환토록 하되, 점진적으로 실시하는 방안

② 건식레미콘의 생산이 가능하도록 제반 환경을 조성하고, 습·건식의 생산방식에 대한 선택을 레미콘업체의 자율적 판단에 맡기는 방안(예 : 레미콘제조방식을 센트럴믹스로 한정하고 있는 현행의 KS F 4009를 개정하여 레미콘생산방식을 다변화)

③ 건식레미콘의 사용용도를 지정하여 일정한 공사현장에는 건식시스템에 의한 생산·공급을 의무화하는 방안(예 : 레미콘생산플랜트에서 콘크리트타설 현장까지의 거리가 멀어서 주행시간이 길어질 때 콘크리트의 품질저하가 우려되는 경우에 적용) 등이 거론될 수 있다.

①의 방법은 장기적으로 현재의 습식 생산라인을 건식 생산라인으로 전면 교체하는 것으로서, 기존 레미콘업계에서 설비개체 및 신설비용이 과다하게 투자되므로 현실성이 부족하다고 사료된다.

따라서 ②안과 ③안의 도입방안이 가능할 것으로 생각되는데, ③안의 경우, 현재 국내에 건식 레미콘 생산용 트럭믹서가 거의 존재하지 않는다는 현실을 감안할 때, 아직 곤란한 측면이 있다.

그러므로 우선적으로 건식 레미콘의 생산이 활성화될 수 있도록 제반 환경을 조성한 후에 건식 레미콘의 사용용도를 지정하는 것이 바람직하다고 생각된다. 특히 레미콘제조방식을 센트럴믹스로 한정하고 있는 현행의 KS F 4009를 개정하여 레미콘생산방식을 다변화시킬 필요성은 높다. 즉, 레미콘생산업체에서 용도와 경제성에 따라 습식생산과 건식생산방식을 병용할 수 있도록 유도하는 방안이 가장 합리적일 것으로 사료된다.

6.2 건식 레미콘의 실용화를 위한 선결과제

1) 경제성 측면은 초기설비투자는 건식생산의 경우가 부지면이나 플랜트의 설비 측면에서 습식보다 우위를 점할 것으로 사료된다. 그러나 건식 생산은 습식생산과 비교하여 공장운영에 있어 다음과 같은 측면에서 코스트의 상승이 발생할 확률이 높다.

① 운반용량의 감소 : ASTM의 규정에 의하면, Truck Agitator은 드럼용적의 80%, Truck Mixer는 63%를 운반하는 것을 표준으로 하고 있다. 따라서 건식생산은 습식에 비하여 약 20% 이상 운반용량의 감소를 가져온다.

② 비빔시간 : 현행 습식플랜트를 이용하여, 건식레미콘을 생산할 경우 동일한 뱃치량을 생산하는데 있어 믹서이용시간이 약 2~3배 가량 증대된다. 이는 건비빔 재료가 믹서내에서 트럭믹서의 드럼으로 투입되는데 시간이 소요되기 때문이다.

③ 신규 레미콘회사에서 전적으로 건식방

식을 채용할 경우, 배쳐플랜트 설치비용은 감소하나 트럭믹서의 구입비용이 증대하게 된다.

2) 설치측면에서는 건식레미콘의 생산을 위하여는 아래의 장비가 필히 갖추어져야 할 것이다.

① 건식용 배쳐플랜트 : 현행 플랜트를 사용하여 습 · 건식을 혼용할 경우, 습식 생산후 건식생산을 함에 있어 시멘트가 믹서에 부착되어 재료손실이 발생한다. 따라서 건식용 플랜트의 별도 설치가 이루어지는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

국내의 배쳐플랜트 생산업체인 H사에 따르면, 이러한 건식레미콘 생산용 배쳐플랜트는 설계에서 생산단계까지 약 2년 이상 소요되며, 가격은 현행 배쳐플랜트보다 다소 낮을 것으로 전망하고 있다. 또한 조기에 건식레미콘 생산시스템을 도입하기 위해서는 배쳐플랜트를 외국에서 수입하는 방안도 검토할 수 있으나, 생산여건과 골재의 종류 등에 따라 설비를 선택하여야 하기 때문에 보편화되기까지는 상당한 시일이 소요될 것으로 판단된다.

② Truck Mixer : 건식레미콘을 생산 · 공급하기 위하여는 현행 레미콘업계에서 사용하고 있는 Truck Agitator 을 Truck Mixer 로 바꾸어야 한다. 이러한 Truck Mixer 에 요구되는 성능 및 조건으로는

- Truck Agitator 을 사용하는 경우에 비하여 드럼 적재량을 80% 정도로 하는 것이 요구되며
- 비빔水를 믹서트럭에 적재할 수 있는 탱크(2000 ℓ 규모)를 장착하여야 하고
- 운반도중에 비빔水의 계량과 주입이 가능하여야 하며
- 동체(胴體)의 회전에 의해 유효한 비빔성능을 가진 경사형 드럼(믹서)를 장착하여야 하며,
- 드럼의 회전수를 확인할 수 있도록 드럼회전계를 부착하여야 하고
- 드럼내 블레이드의 간격이 좁고, 강한 내마모성을 가져야 하며
- 현행 Truck Agitator 는 rpm 이 10내외로서 비빔성능이 떨어지나, Truck Mixer 는 유압에 의한 드럼구동방식으로서 rpm 14-17 내외의 드럼회전이 가능하여야 한다.

물론, 현행의 Truck Agitator 을 Truck Mixer 로 개조하여 사용하는 방법도 생각할 수 있으나, 특장차 전문제조업체인 H사에 의하면, 드럼경사의 각도, 산업안전도, 교반에 따른 부하의 정도 등 기술적인 측면에서 구조자체가 상이하기 때문에 신규설계에 의해 제작하는 것이 합리적이라는 의견을 보이고 있다. 따라서 설계에서 생산라인을 갖추는데 최소한 3년 정도가 소요될 것으로 보이며, 가격면에서는 현행의 Truck Agitator 과 비교하여 믹싱기능이 추가되기 때문에 더 高價가 될 것으로 전망하고 있다.

3) 배합설계 측면에서는 건식레미콘을 생산하는 경우에도 현행 습식생산용 배합설계를 사용하는 것이 가능하다고 사료된다. 이는 배쳐플랜트내의 믹서를 이용한 비빔과 Truck Mixer 에 의한 비빔성능이 같다고 볼 수 있기 때문이다.

4) 건식레미콘의 생산이 자율화되기 위하여는 관련 산업규격인 KS F 4009(레디믹스트콘크리트)를 개정하거나, 아니면 건식레미콘 생산에 따른 신규규격을 별도로 제정하는 것이 필요하다. 건식레미콘에 대한 신규규격을 제정하기 위하여는 ASTM이나 BS 등의 관련규격을 인용하여 제정하고, 현행의 습식방식과 병행하여 운영할 수 있도록 하는 것이 요구된다. 이 경우 자료수집 및 산업표준심의

위원회의 심의기간이 소요되므로 최소한 1~2년은 소요될 것으로 예측된다.

5) 건식레미콘은 공장에서 품질을 관리하는 것이 아니고, 건설현장 또는 운반도중에 Truck Mixer 운전자에 의해 물과 혼화제를 가하여 믹싱을 하여야 하므로 운반도중 또는 현장에서 품질관리가 중요한 변수로 등장하게 된다. 즉, Truck Mixer 운전자의 설비작동 여하에 따라 레미콘의 품질이 결정된다고 할 수 있다. 따라서 이들에 대한 품질관리교육이 철저히 이루어져야 할 것으로 사료된다.

6) 건식레미콘의 도입은 제도적 측면뿐만 아니라 기술적 측면에서 접근하여야 할 필요성이 있다. 따라서 고강도콘크리트 제조기술 개발 등과 같이 기술적 측면에서 민간과 공공부문의 다양하고 활발한 실험연구가 뒷받침되어야 하며, 실제의 건식레미콘생산용 플랜트 또는 물탱크와 믹서를 장착한 Truck Mixer의 도입에 의하여 실제 환경하에서 실험연구가 진행될 필요성이 있다.

즉, 단순히 건식레미콘의 생산이 가능하다는 것이 문제가 아니라 불량률을 최소화하고, 경제성을 갖추기 위하여 정확한 생산관리와 품질관리를 할 수 있는 기술적 지침, 또는 시방 등이 마련되어야 하며, 이를 위하여는 국내의 조건에 맞는 다양한 연구실험결과가 뒷받침되어 이러한 실험결과를 집대성되어야 할 것이다. 현 단계에서 건식 레미콘의 품질안정화를 위하여 연구되어야 할 과제로서는 다음과 같은 사항을 들 수 있다.

- 드럼의 회전속도, 회전횟수에 따른 품질변동
- Truck Mixer의 드럼내 적재 가능량 및 적재량에 따른 품질변동
- 골재의 함수상태에 따른 품질변동(슬럼프, 공기량, 압축강도 등)
- 건비빔된 상태에서 운반시간이 과도하게 길어졌을 경우의 품질변동
- 플라이애쉬(fly ash), 고성능감수제(superplasticizer) 등 혼화제의 성능발현성상
- 동결융해저항성, 건조수축, 透水性 등과 같은 내구성 분야의 시험
- 동일한 배합조건에서 습식과 건식의 품질비교(특히 혼합의 균질성)
- 여름철과 겨울철 등 외기온의 변화, 드럼내부의 온도 등에 따른 품질변동현상
- 건식레미콘은 일종의 재료분할투입형태이므로 드럼내에서 비벼지는 콘크리트 품질의 균일성의 확보
- 트럭믹서의 소음, 분진 방지대책
- 골재치수(25㎜, 40㎜)에 따른 비빔성능과 강도의 변동현상
- 트럭믹서의 비빔용량에 따른 비빔성능
- 드럼내부의 조건(wet, dry)에 따른 품질변동현상(건·습식을 혼용할 경우)
- 고강도콘크리트의 제조 가능여부
- 건비빔 혹은 건재료 투입후 장시간 이동시의 품질변동현상 규명

7) 한편, 건식 레미콘생산방식이 도입될 경우의 파급이 예상되는 문제점으로는 아래와 같은 사항을 들 수 있으며, 충분한 검토가 후행되어야 할 것으로 사료된다.

① 건식레미콘 생산방식을 도입하기 위해서는 현재 설치되어 있는 플랜트가 아닌 재료(시멘트+골재)만을 계량, 투입할 수 있는 별도의 플랜트를 설치하는 것이 바람직하며, 또한 자체 믹싱이 가능한 Truck Mixer를 구입하여야 하므로 레미콘업계의 경제적인 부담이 나타나게 된다.

② 건식레미콘 생산방식을 도입할 경우, Truck Mixer에 비빔水를 계량·투입할 수 있는 장치와 이를 조작·운전할 수 있는 기술

자가 필요한데, 기술자의 부족 및 계량장치의 정확성, 원자재의 변화(골재의 상태 · 온도 · 입도 등의 변화에 따라 水量을 조절해야 함)에 대한 대처능력이 부족하다고 생각된다.

③ 현재 산업표준화법에 규정된 KS F 4009(레디믹스트콘크리트) 이외에 별도의 건식 레미콘생산방식에 관한 규격을 제정하여야 하며, 따라서 레미콘업체에서는 2중의 레미콘 품질규격을 관리해야 하는 어려움이 있다.

④ 건식 레미콘생산방식은 Truck Mixer에 건조한 시멘트와 골재를 투입함에 따라 투입시 또는 운반과정에서 분진이 발생할 우려가 있으며, 레미콘타설후 차량안에 남아있는 슬러지(sludge)와 수분을 가능한 한 제거해야 하는 등, 폐레미콘의 처리 및 재활용(회수수 이용)에 문제점을 안고 있다.

⑤ 건식레미콘 생산방식이 도입되는 경우, 운반거리 및 운반시간의 제한이 크게 완화되므로 기존의 시장질서의 혼란이 야기될 우려가 있다. 따라서 업체간의 과당경쟁으로 품질저하를 가져 올 우려가 있다.

⑥ 현행 레미콘운반트럭의 드럼은 단지 교반(agitating)하는 기능만을 수행하였으나, Truck Mixer를 도입할 경우, 드럼이 믹서로서 이용되므로 레미콘믹서트럭의 수명이 현저히 단축될 확률이 높다. 이러할 경우 현재 믹서트럭이 대부분 도급(불하) 체제로서 운영되는 점을 감안할 때, 운전자(차량 소유주)의 기피가 있을 것으로 판단되며, 이는 결국 레미콘생산원가의 상승으로 이어질 것으로 사료된다.

7. 맺음말

이상에서 살펴본 바와 같이 Truck mixing에 의한 건식 레미콘 생산방식은 현재 歐美 또는 東南아시아 지역에서 주로 사용하고 있는데, 이는 각 국의 레미콘산업 형성과정에서 독특한 생산 체계를 형성하였기 때문이며, 특히 Truck mixing 가운데 Dry batching 방식은 운반거리가 멀거나 기온이 높아 운반도중 품질에 문제가 발생할 소지가 많은 곳에서 선별적으로 이용하는 방법이다.

따라서 우리나라와 같이 전국에 600여개의 레미콘공장이 존재하는 상태에서는 건식 생산이 불필요하다고도 할 수 있으나, 최근들어 도심지 교통체증의 심화, 현장작업여건의 악화, 레미콘품질관리 능력의 미흡, 현장에서의 레미콘에 대한 加水행위의 빈발 등으로 인하여 레미콘의 품질확보가 어려운 사례가 자주 발생하고 있는 현실에서는 Truck mixing, 특히 Dry batching에 의한 건식레미콘 생산시스템의 도입을 긍정적으로 검토해 보아야 할 것으로 사료된다.

그러나, 이러한 생산시스템의 변혁이 레미콘업계의 경영 및 시장구조에 미치는 영향은 과소 평가할 것이 아니며, 따라서 경제성에 대한 충분한 검토가 필요하고, 또한 현장적용시에 있어서 발생할지 모르는 품질문제를 보완하기 위하여 파일럿서베이(pilot survey)를 충분히 고려하여야 할 것으로 사료된다.

끝으로 건식레미콘 도입이 레미콘의 품질향상을 위한 절대적이고 최선의 대책이 아니라는 점을 언급해 두고 싶다. 일례로 건식 레미콘은 레미콘믹서트럭의 운전자에게 레미콘의 품질관리를 맡기는 결과를 초래하게 되며, 따라서 충분한 Training이 전제되지 않는 한 레미콘의 품질이 더욱 조악해질 우려도 있다.

또한 건식 레미콘의 장점에만 치우쳐 현재의 습식 레미콘이 가지고 있는 우수한 장점들을 간과해서도 안될 것이다. 특히 현재의 습식 레미콘의 품질이 무조건 문제가 있다고 생

각하는 안이한 사고는 개선되어야 할 것이다. 오히려 공장에서의 품질관리가 완벽하게 수행될 수 있다면 습식 레미콘 생산시스템은 소요품질의 확보와 품질관리에 있어 많은 장점을 갖고 있다. 다만 습식레미콘 생산체제를 유지하면서 현재 문제가 되고 있는 운반시간의 증가에 대처하기 위하여는 버스전용차선의 이용문제, 무선통신망 구축 등과 같은 품질관리의 고도화 방안이 나타나야 할 것이다.

參考文獻

1. Robert W. Strehlow, Concrete Plant Production, Concrete Plant Manufacturers Bureau, 1973
2. ASTM C 94 ; Standard Specification for Ready-Mixed Concrete
3. 'CPMB Does cost survey on central versus transit mixing', Concrete Products, Nov. 1974. p41.
4. '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.
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 Sping, MD, Jan. 1975, pp1-14
7. Truck Mixer, Agitator and Front Discharge Concrete Carrier Standards, NRMCA, 1990. 1
8. Concrete Plant mixer Standards of the Plant Mixer Manufacturers Division(Sixth Revision), Concrete Plant Manufacturers Bureau, Silver Sping, MD, 1990. 4
9. Robert L. Peurifoy, William B. Ledbetter, Construction Planning, Equipment & Methods(Fourth edition), 1985
10. ACI committee report, ACI 304R-85, Title no. 82-21, Guide for measuring, mixing, transporting, and placing concrete, ACI Journal, May-June, 1985, pp.245-247
11. Richard D. Gaynor, Ready Mixed Concrete, NRMCA, 1994, pp.516-518
12. 成田英一, 生コンクリート製造設備, コンクリート工學, Vol.31, No.3, 1993. 3, pp. 32-36
13. 安山 信, コンクリート製造の發展, コンクリート工學, Vol. 30, No. 4, 1992. 4, pp.79-84
14. 政村兼一郎, 歐州生コンクリート業界技術視察團の報告, 月刊生コンクリート, 1988. 6.
15. 전인식 · 권인수, 콘크리트기계 · 시공, 건설연구사, 1985
16. 최재진, 레미콘의 제조설비와 운반설비, 콘크리트학회지, 제5권 3호, 1993. 9, pp.10-18