

# 건식 레미콘 생산시스템의 도입방안

崔 敏 壽

1996. 8.

*CERIK*

Construction & Economy Research Institute of Korea

한 국 건 설 산 업 연 구 원

## 머 리 말

근간 콘크리트구조물의 붕괴사고 및 시공하자사례가 잇달아 발생함에 따라 콘크리트의 품질에 관하여 보다 큰 경각심과 건설업 종사자들의 사명감이 요구되는 시점에 있다.

현재 국내에서는 콘크리트 사용량의 85% 이상이 레미콘으로 시공되고 있는 실정이므로 레미콘의 품질향상은 건설구조물의 품질 및 내구성 향상과 직결되는 주요한 문제라고 할 수 있다.

그러나 현재 국내의 레미콘의 품질환경은 골재의 품질저하, 운반시간의 증대, 기술개발의 미흡 등 대내외적인 여건이 그리 좋은 편은 아니다. 더구나 최근들어 레미콘제품은 교통체증의 심화 및 공장의 도심외곽이전 등에 따라 공급시간이 더욱 지연되는 경향을 보이고 있으며, 이에 따라 소요의 시공성능을 확보하기가 곤란하여 레미콘에 加水가 이루어지는 사례가 특히 문제시되고 있다.

이러한 레미콘의 품질환경의 악화에 대처하여 최근 정부에서는 삼풍백화점 붕괴사고 이후, 레미콘공장에서는 단순히 재료의 계량만을 실시하고, 건설현장에서 레미콘을 혼합하는 건식 레미콘 생산시스템을 도입하는 방안을 추진하고 있다.

그런데 국내에서는 건식 레미콘이라는 용어조차 매우 생소한 것이 현실로서, 업계 내에서 많은 불필요한 논쟁과 오해가 존재하여 왔으며, 또한 현장적용이 거의 이루어지지 못했던 관계로 기술적인 문제에 대하여 불안감이 존재하고 있는 것이 사실이다.

본 연구는 이러한 건식레미콘 생산방식의 특성과 해외에서의 적용사례를 분석하고, 건식 레미콘의 생산프로세스 및 기술적 과제에 대하여 연구를 수행하였으며, 나아가 공장생산실험 등을 통하여 건식 레미콘 생산시스템의 안정적 도입방안에 대하여 연구한 결과이다.

본 연구를 추진함에 있어 먼저 선행 연구자료와 참고자료가 부족한 가운데서도 본 연구를 맡아 수고한 최민수 부연구위원의 노고에 심심한 사의를 표한다. 그리고 본 연구가 알차게 나올 수 있도록 협조해 주신 건설교통부 건설관리과의 이영근 과장, 전형필 사무관, 그리고 건식 레미콘의 공장실험에 적극 협력하여 주셨던 쌍용양회공업(주) 및 한라콘크리트(주) 관계자 여러분께 감사드리며, 또한 관련자료를 제

공해 준 한국레미콘공업협회 관계자 여러분께도 감사드린다.

끝으로 아무쪼록 본 연구결과가 국내에 건식 레미콘의 도입을 위한 기초자료로서  
정부와 업계에서 유용하게 이용될 수 있기를 기대한다.

1996년 9월 일

韓國建設産業研究院

院長 洪 性 雄

# 차 례

I. 서론	1
1. 연구배경 및 필요성	1
2. 연구목적	2
3. 연구내용 및 연구방법	2
II. 건식 레미콘 생산시스템의 도입배경	4
1. 레미콘 생산·공급체계의 분류 및 현황 분석	4
1.1 레미콘생산·공급시스템의 분류	4
1.2 해외 주요국의 레미콘생산·공급체계	10
1.3 국내의 레미콘 생산·공급시스템	12
2. 건식레미콘 생산시스템의 도입배경 분석	13
2.1 습식생산에 있어 레미콘의 운반시간 경과에 따른 품질변동의 이해	13
2.2 레미콘의 유동성 실태와 加水의 피해	17
2.3 습식 레미콘생산방식의 규제와 문제점	19
2.4 현행 레미콘의 품질에 대한 설문조사결과 분석	20
3. 건식 레미콘 생산시스템의 도입 필요성 및 예상효과	26
3.1 건식 레미콘 생산시스템의 도입 필요성	26
3.2 Dry batching에 의한 건식 레미콘 생산시스템 도입시의 예상효과	27
III. 건식 레미콘의 생산설비 및 생산기술	29
1. 건식 레미콘 생산설비	29
1.1 건식 레미콘 생산용 배치플랜트	29
1.2 트럭믹서(truck mixer)	32
1.2.1 트럭믹서의 설비	32
1.2.2 트럭믹서의 분류	36
1.2.3 트럭믹서의 유지보수관리	37
2. 트럭믹서에 의한 건식 레미콘 생산 프로세스	38
2.1 재료투입	39
2.2 트럭믹서에 의한 혼합	41
2.3 교반 및 배출	42
2.4 드라이배치콘크리트(dry batched concrete)	43

IV. 건식 레미콘 생산시스템의 도입방안 .....	44
1. 건식 레미콘 도입에 대한 레미콘 및 건설업계 인식도 조사 .....	44
2. 건식레미콘의 생산·공급을 위한 기술적 논의과제 검토 .....	46
3. 건식레미콘 생산시스템의 도입방안 및 과제 .....	48
3.1 건식레미콘 생산시스템의 도입방안 .....	48
3.2 건식 레미콘의 실용화를 위한 선결과제 .....	49
4. 건식 레미콘의 도입을 위한 KS규격의 개정(안) .....	53
V. 건식 레미콘 생산 실험 .....	55
1. 현행 습식레미콘 생산장비를 이용한 건식레미콘 생산실험(1차실험) .....	55
1.1 실험목적 및 실험방법 .....	55
1.2 실험계획 .....	56
1.3 실험결과의 분석 .....	56
2. Truck Mixer를 사용한 건식레미콘 생산실험(2차실험) .....	58
2.1 실험목적 및 실험내용 .....	58
2.2 실험결과 분석 .....	61
3. 실험결과에 의한 건식레미콘 생산가능성의 검토 .....	64
VI. 結 論 .....	65
參 考 文 獻 .....	68
□ 부 록 □ .....	69
[부록1] 건식레미콘 관련 설문조사 .....	70
[부록2] 건식레미콘에 관한 질의 회신 .....	73
[부록3] 건식레미콘 공장생산 실험관련 화보 .....	76
[부록4] 건식레미콘 Batching Cycle Chart .....	78
Abstract .....	88

## 표 차 례

<표Ⅱ-1> 레미콘의 습식과 건식생산의 차이점 비교 .....	8
<표Ⅱ-2> 주요국의 레미콘 생산방식의 현황 .....	12
<표Ⅱ-3> 건설현장에서 레미콘에 대한加水 발생 원인 .....	21
<표Ⅱ-4> 건설현장에서의 레미콘加水행위 주체 .....	21
<표Ⅱ-5> 레미콘에 대한 현장加水가 일어나는 비율 .....	22
<표Ⅱ-6> 레미콘에 대한 현장加水실태의 과거와 현재의 비교 .....	22
<표Ⅱ-7> 콘크리트펌프를 사용시 슬럼프 15Cm이상 사용의무화에 대한 의견 .....	22
<표Ⅱ-8> 현행 습식레미콘의 품질에 대한 평가 .....	23
<표Ⅱ-9> 레미콘의 품질에 대한 클레임 .....	23
<표Ⅱ-10> 레미콘의 품질불량을 일으키는 원인 .....	24
<표Ⅱ-11> 레미콘 생산에서부터 타설시 까지 시간이 과다한 원인 .....	24
<표Ⅱ-12> 건설현장에서 레미콘 차량이多數 대기하고 있는 이유 .....	24
<표Ⅱ-13> 레미콘 품질검사 항목중 현장에서 불합격되는 비율 .....	25
<표Ⅲ-1> 외국산 트럭믹서의 일반적인 제원 .....	33
<표Ⅳ-1> 건식 레미콘 생산시스템 인지도 여부 .....	45
<표Ⅳ-2> 건식레미콘 생산시스템의 도입에 대한 의견 .....	45
<표Ⅳ-3> 건식레미콘생산시스템의 도입반대 이유 .....	45
<표Ⅳ-4> 건식레미콘생산시스템의 도입찬성 이유 .....	45
<표Ⅳ-5> 건식레미콘 도입시의 문제점 .....	46
<표Ⅳ-6> 건식레미콘 생산시스템의 도입방안 .....	46
<표Ⅴ-1> 건식레미콘 1차 실험계획표 .....	56
<표Ⅴ-2> 건식레미콘 생산 배합설계 .....	56
<표Ⅴ-3> Truck agitator를 이용한 건식레미콘 생산실험결과 .....	58
<표Ⅴ-4> 건식레미콘 2차 실험의 수준 및 TEST항목 .....	59
<표Ⅴ-5> 건식 레미콘 생산 배합설계 .....	59
<표Ⅴ-6> Truck Mixer를 이용한 건식레미콘 생산실험결과 .....	63

## 그림 차례

<그림Ⅱ-1> 레미콘 생산방식의 분류 .....	4
<그림Ⅱ-2> 습식 레미콘 생산용 배치플랜트(탑형)의 例 .....	5
<그림Ⅱ-3> 레미콘 생산·공급방식의 비교 .....	7
<그림Ⅱ-4> 운반시간에 따른 압축강도비의 변화 .....	15
<그림Ⅱ-5> 레미콘의 수송 및 대기시간별 빈도수 .....	16
<그림Ⅱ-6> 레미콘의 생산·출하공정별 평균 소요시간 .....	17
<그림Ⅱ-7> 슬럼프별 레미콘 출하비율 .....	18
<그림Ⅲ-1> Gravity Style의 건식레미콘 Batching 방식의 종류 .....	30
<그림Ⅲ-2> Low Profile Style의 건식레미콘 Batching 방식의 종류 .....	31
<그림Ⅲ-3> Truck Agitator와 Truck Mixer의 드럼구조 비교 .....	34
<그림Ⅴ-1> 건식 레미콘 1차 실험의 PROCESS .....	55
<그림Ⅴ-2> 건식 레미콘 2차 실험의 PROCESS .....	61

## 사진 차례

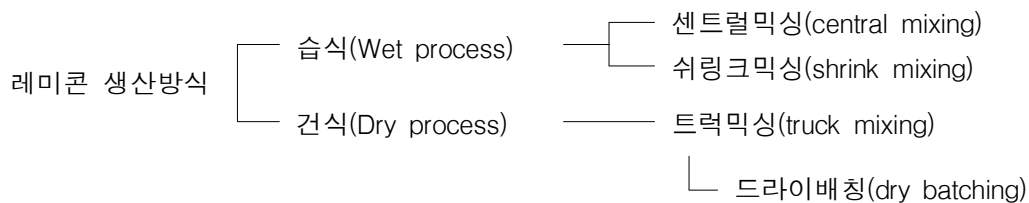
<사진Ⅲ-1> 트럭믹서에 도입되는 특수한 설비 .....	35
<사진Ⅲ-2> 일반 Truck mixer와 Dry batching用 Truck mixer .....	36
<사진Ⅴ-1> 실험에 사용된 한라 리베어트럭믹서 .....	60

## <요 약>

### 1. 건식 레미콘의 정의

○ 일반적으로 레미콘의 생산방식은 혼합작업이 이루어지는 방식에 따라 센트럴믹싱, 쉬링크믹싱, 트럭믹싱의 3가지로 크게 분류되며, 현재 국내에서 논의되고 있는 건식 레미콘 생산방식이란 이 가운데 트럭믹싱을 지칭함.

○ 일반적으로 건식 생산, 즉 트럭믹싱이라고 하는 것은 레미콘공장의 배치플랜트에서 모든 원재료를 계량하고, 이를 트럭믹서에 투입한 후, 레미콘공장 혹은 운반도중에 혼합을 완료하는 형태를 말함. 그런데 운반거리가 아주 먼 경우 등의 특수한 경우에 트럭믹서의 드럼내에 시멘트·모래·자갈을 선투입한 후, 공사현장에 도착한 후에 비빔수와 혼화제를 투입하여 혼합을 수행하는 경우가 있는데, 이를 일반적으로 Dry batching이라고 부름.



○ 현재 우리나라에서는 이러한 Dry batching을 건식 생산으로서 협의적으로 해석하는 경우가 있으나, Dry batching은 Truck mixing의 특수한 형태로서 일반적으로 Truck mixing을 건식 생산으로 표현하는 것이 옳바르다고 할 수 있음.

### 2. 주요국의 레미콘 생산방식

○ 주요국의 레미콘생산방식을 조사한 결과를 요약하면 아래 표와 같음.

	미국	일본	영국	독일	프랑스	네덜란드	호주	말레이시아
습 식(%)	25	100	40	98	99	70	-	-
건 식(%)	75	-	60	2	1	30	100	100

\* 건식은 Dry batching을 포함한 truck mixing을 의미함



○ 일본과 독일, 프랑스, 네덜란드 등지에서는 습식 생산방식인 센트럴믹스(central mix)방식이 높은 비율을 점유하고 있는 반면, 미국과 영국, 호주, 동남아 등지에서는 트럭믹싱을 행하는 건식 생산방식의 점유비율이 높게 나타나고 있음.

### 3. 건식레미콘의 도입배경

○ 레미콘은 혼합이 개시되고부터 시간의 경과에 따라 슬럼프, 공기량 등에 변화가 생기며, 특히 국내에서는 운반시간의 경과에 따른 슬럼프 저하를 보정하기 위하여 레미콘시공시 현장에서 加水를 하는 사례가 많았으며, 이에 따라 콘크리트구조물의 품질이 열악해지는 현상이 나타나고 있음.

○ 레미콘의 품질에 대한 클레임으로는 굳지않은 프레스시(fresh)한 상태에서는 작업성(workability) 불량인 비율을 차지하고 있음(건설업계 62.7%, 레미콘업계 78.4%). 결국 이러한 작업성능의 문제가 결국 加水행위와 연관되어 있고, 최근의 건식레미콘 생산시스템의 도입에 대한 논의를 불러일으킨 계기가 된 것으로 사료됨.

○ 설문조사 결과, 레미콘에 加水가 발생하는 원인에 대하여는 건설업체의 경우 운반시간의 지연에 따른 슬럼프의 감소를 주된 요인으로 지적하였으나, 레미콘업계에서는 슬럼프 8-12Cm의 저슬럼프(low slump) 규격을 사용하기 때문이라는 응답이 높아 견해차이를 보이고 있음.

- 건설현장에서 레미콘에 대한 加水 발생 원인(%)

	8-12cm 저슬럼프 규격 사용	운반시간지연에 따른 슬럼프저하	과거로부터의 관행	기타
건설업계	25.9	48.3	23.3	2.6
레미콘업계	58.4	0.9	39.8	0.9

### 4. 건식레미콘의 도입 필요성

○ 건식레미콘의 도입 필요성에 대하여는 건설업체의 경우 도입하는 것이 바람직하다는 편이 높게 나타났으나, 레미콘업계의 경우 도입하지 않는 것을 선호하는 것으로 나타나 상반된 입장을 보이고 있음.

– 건식레미콘 생산시스템의 도입에 대한 의견(%)

	도입찬성	도입반대	어느 쪽도 무방
건설업계	70.7	10.3	19.0
레미콘업계	17.4	63.3	19.3

○ 건식레미콘의 도입을 반대하는 이유로는 습식 생산에 비하여 품질이 저하될 가능성이 있으며, 추가 설비비용이 필요하다는 것이 주요 요인으로 지적되었음. 반면, 건식레미콘의 도입을 찬성하는 이유로는 운반시간의 지연에 따른 품질변동을 억제할 수 있다는 응답이 가장 높게 나타났음.

○ 건식레미콘 도입시의 문제점으로는 경제적인 측면에서의 어려움보다도 기술적인 측면에서의 어려움을 지적하는 비율이 높았음. 건설업계에서는 물의 계량·투입에 있어서 품질관리의 어려움을 지적하였으며, 레미콘업계에서는 현행의 습식플랜트생산보다 레미콘의 균질한 비빔이 어려울 것으로 보고 있었음.

## 5. 건식 레미콘의 도입 및 활성화 방안

○ 건식레미콘 생산시스템을 도입방안에 대하여는 건설업체와 레미콘업체 공히 전면적인 도입보다는 운반시간이 90분 이상 경과되는 경우에 한하는 등 부분적인 도입을 선호하고 있는 것으로 나타났음.

○ 현재 사용되고 있는 Truck Agitator은 회전속도, 블레이드의 구성, 혼합성능이 떨어져 건식 생산용으로 사용될 수 없는 것으로 평가되며, 따라서 건식레미콘 생산방식을 도입하기 위하여는 믹서로서의 역할과 예지테이터로서의 역할을 모두 수행할 수 있는 Truck Mixer의 생산과 보급이 활성화되어야 할 것으로 사료됨. 그러한 경우 품질에 큰 문제가 없이 건식 생산방식에 의한 레미콘의 생산, 공급이 가능할 것으로 사료됨.

○ 건식 레미콘 생산시스템을 도입하기 위하여는 레미콘제조방식을 센트럴믹스로 한정하고 있는 현행의 KS F 4009를 개정하여 레미콘생산방식을 다변화해야 할 필요성이 있음. 이 경우 KS규격내에 건식레미콘의 사용용도를 지정하여 건식시스템에 의한 생산·공급의 활성화를 유도하여야 할 것임.

○ 이와 더불어 앞으로 기술적 측면에서 다양한 실험연구가 이루어져 건식레미콘 관련 시방의 제정·보급이 이루어져야 함.

## 6. 건식 레미콘 생산기술 및 관리체계

○ 건식레미콘 생산기술에 있어 논쟁이 되고 있는 요소에 대하여 미국(NRMCA), 영국(BRMCA)에 의견조회를 하였으며, 회신결과를 정리하면 다음과 같음.

- 건식레미콘의 생산에 있어 건조한 골재를 사용한다는 규정은 없으며, 일반적으로 습윤상태의 모래와 자갈이 사용됨. 단, 골재의 함수량 결정과 비빔수 요구량의 조절은 각 배치마다 정확히 이루어져야 함.
- 드라이배치로서 건설현장에 도착한 후, 비빔수를 투입하는 경우에는 운송도중에 드럼의 회전을 시키지 않는 것이 바람직함.
- 트럭믹서 운전자에 대한 특별한 자격조건은 존재하지 않음. 다만, 건식생산에 있어서는 현장의 품질관리가 보다 중요하므로 운전자에 대하여 운송 및 작동방법, 그리고 콘크리트의 기술, 생산품질 등에 대하여 집중적인 훈련이 필요함.
- 동일한 배처플랜트에서 습·건식의 혼용 생산이 가능함. 미국 및 영국의 많은 공장에서 동일한 플랜트안에서 드라이배치와 센트럴믹스의 양쪽 수용력을 가지고 있음.
- 건식과 습식의 배합 차이는 일반적으로 존재하지 않음.

## 7. 건식 레미콘 생산실험

○ 건식 레미콘 공장생산실험은 트럭믹서의 드럼내에 건비빔재료를 적재한 후, 일정시간후에 물과 혼화제를 투입하여 비빔을 행하는 Dry Batching방식을 사용하여 25-210-12규격을 대상으로 2차례 실시하였는데, 실험결과는 아래 표와 같음.

항 목	1차실험(S사 H공장)	2차실험(H사 P공장)	허용치
사용장비 및 실험조건	- 습식용 배처플랜트 - Truck Agitator - 드럼 110회전	- 습식용 배처플랜트 - Truck Mixer - 드럼100회전	
슬럼프	6cm	12.5cm	$\pm 2.5\text{cm}$
공기량	2.9%	6.4%	$4.5 \pm 1.5\%$
28일 압축 강도(추정)	342	253	호칭강도 이상

○ Truck Agitator는 비빔성능이 상당히 떨어져, 슬럼프 및 공기량 시험에 모두 불합격하였음. 그러나 Truck Mixer는 비빔성능이 매우 우수하였으며, 슬럼프, 공기량 등과 같은 소요의 품질을 확보하고, 육안검사 결과, 균질한 품질의 콘크리트를 생산하는 것이 가능한 것으로 입증되었으며, 습식과 동일한 배합으로 소요의 작업성 및 유동성을 충분히 확보할 수 있는 것으로 평가되었음.

# I. 서론

## 1. 연구배경 및 필요성

현재 국내에서는 콘크리트 사용량의 85% 이상이 레미콘(ready-mixed concrete)으로 시공되고 있는 상태에 있다.<sup>1</sup> 따라서 레미콘의 품질은 건설구조물의 품질 및 내구성과 직결되는 주요한 문제라고 할 수 있다.

일반적으로 레미콘은 제조후 90분 이상이 경과하면 유동성(consistency)이 급격히 손실되어 작업성(workability)이 크게 저하되며, 2시간 이상이 경과되면 시멘트와 물의 初期水和(initial hydration)가 진행된다. 따라서 현행 KS F 4009(레디믹스트 콘크리트)에서는 레미콘은 생산후 90분 이내에 타설을 완료하도록 규정하고 있다. 그러나 근간 레미콘제품은 공장의 도심외곽 이전 및 교통체증에 따른 공급시간의 지연 등으로 소요의 유동성을 확보하기가 곤란하여 레미콘에 加水가 이루어지는 등 굳지 않은 상태에서의 품질확보가 특히 문제시되고 있다.

한편, 레미콘의 제조방식은 센트럴믹스(central mix, 습식), 쉬링크믹스(shrink mix, 습식), 트럭믹스(truck mix, 건식) 등으로 나뉘어진다. 그런데 국내의 경우는 레디믹스트콘크리트 한국공업규격인 KS F 4009에 근거하여 Batch Plant에 고정믹서(stationary mixer)가 설치되어 각 재료를 계량하고 혼합하여 완전히 비벼진 콘크리트를 공급하는 Central Mix 방식을 전적으로 채용하고 있다.

그러나 歐美 및 東南亞에서는 레미콘산업의 발달과정이 다소 상이하여 트럭믹싱(truck mixing)을 이용한 트랜짓믹스트콘크리트(transit-mixed concrete)가 매우 활성화되어 있으며, 또한 원거리 현장공급 및 기후조건에 따른 품질변동(유동성의 저하 등)을 방지하기 위하여, 소위 Dry Batch에 의한 트럭믹싱방법이 보급되어 있다.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 레미콘통계연보, 한국레미콘공업협회, 1995

<sup>2</sup> Dry batched concrete란 Truck mixing에 의하여 레미콘을 생산·공급하는 경우에 있어, 운반거리가 아주 먼 경우 등의 특수한 경우에 트럭믹서의 드럼내에 시멘트, 모래, 자갈을 투입한 후, 비빔수와 혼화제는 믹서트럭에 적재된 탱크에 저장하고, 현장에 도착한 후에 투입하여 현장에서 혼합을 수행하는 형태를 말한다. 본 연구에서 연구대상으로 하고 있는 건식 레미콘이란 외국에서는 일반적으로 Truck mixed concrete를 의미하나, 현재 국내에서 논의되고 있는 건식 레미콘 배합방식은 Truck mixed concrete 가운데서도 Dry batched concrete를 의미하는 경우가 많다.

따라서 국내에 있어서도 교통체증 등에 의한 레미콘 운반시간의 지연에 대처하고, 원거리 공사현장 공급 등에 있어 레미콘의 품질문제를 해결하기 위하여 건식레미콘 생산시스템을 도입할 필요성이 있다. 다만, 이러한 건식레미콘 생산시스템의 도입은 레미콘제조업계의 시장구조의 개편을 촉진할 뿐만 아니라 설비개체·교체에 상당한 비용이 수반될 것으로 예상되므로 합리적인 도입방안에 대한 연구가 필요하다.

## 2. 연구목적

본 연구는 레미콘의 공급시간 지연에 따른 품질문제를 해소하기 위하여 현행의 습식 생산방식을 벗어나 건식 생산방식을 도입하는데 있어서의 제반 문제점을 분석하고, 건식 레미콘 생산시스템의 도입을 위한 기술적 측면에서의 접근을 통하여 제도개선 및 정책지원사항을 제안함으로써, 건식 레미콘 생산방식의 도입 가능성을 제시하는데 있다.

## 3. 연구 내용 및 연구방법

### 1) 연구의 내용

#### ① 현행 레미콘 생산·공급시스템의 실태 및 문제점 분석

- 레미콘생산설비 및 운반설비의 현황 및 구조 분석
- 습식 생산에 따른 레미콘의 품질문제 분석
- 습식 생산시스템과 건식 생산시스템의 특성 및 차이점의 분석
- 해외의 레미콘 생산방식의 분석

#### ② 건식 레미콘 생산시스템의 특성 및 도입여건 분석

- 건식 레미콘 도입에 대한 레미콘 및 건설업계의 인식도 조사
- 건식 레미콘 생산시스템의 생산프로세스 및 문제점의 분석
- 건식 레미콘 생산시스템의 도입의 장·단점 분석(품질 위주)
- 건식 레미콘 생산기술에 관한 조사연구

#### ③ 건식레미콘의 생산 활성화 방안의 제안

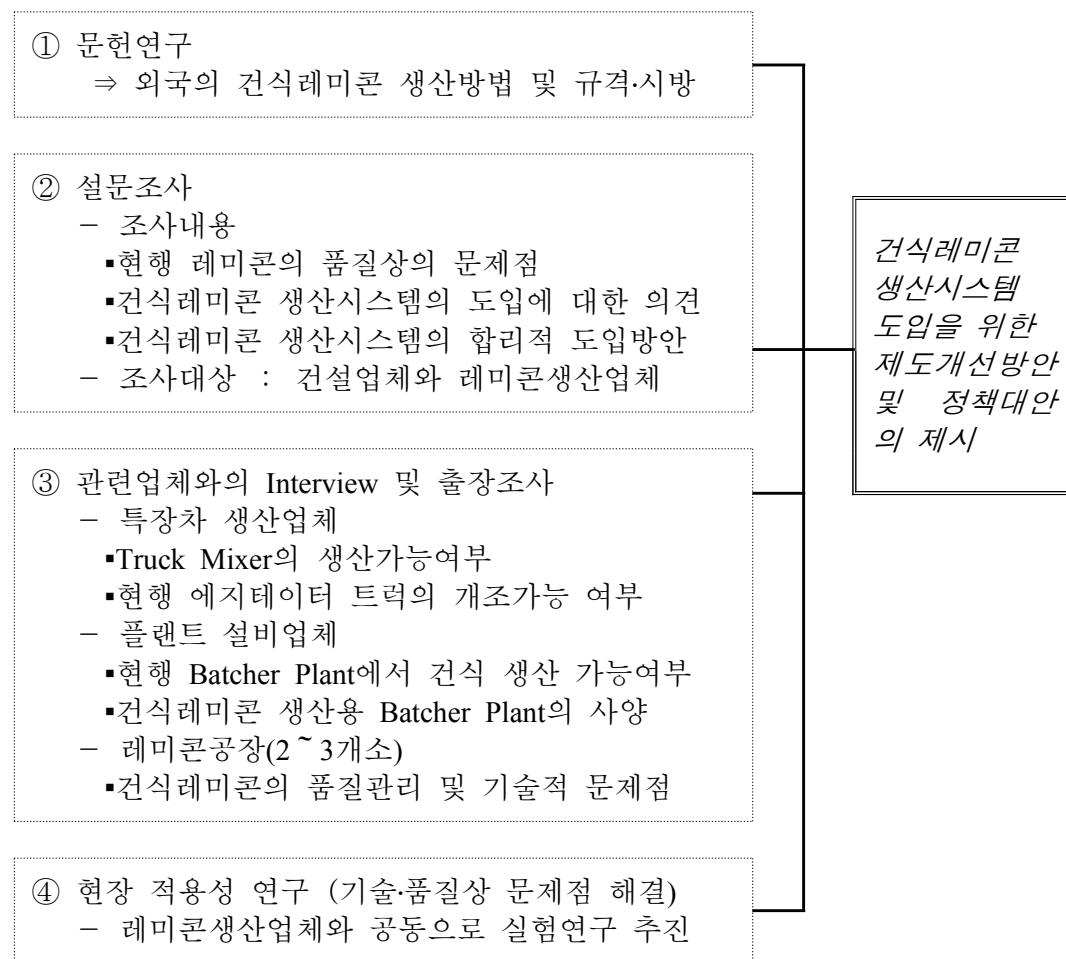
- 습식생산과 건식생산을 병용할 수 있도록 KS F 4009의 개정안 마련

- 건식 레미콘생산용 Batcher Plant 및 Truck Mixer의 보급방안
- 현행의 생산장비에 의거, 건식레미콘 생산이 가능한지의 기술적 검토

## 2) 연구의 범위 및 한계

본 연구는 건식레미콘 생산방식의 도입을 위한 기술적 사항의 검토에 주안점을 두었으며, 본 연구에서 정의하고 있는 건식 생산이란 Truck mixing에 의하여 레미콘을 제조하는 것을 의미하며, 이러한 건식생산에는 협의의 개념으로서 Dry batching을 포함하고 있다.

## 3) 연구방법



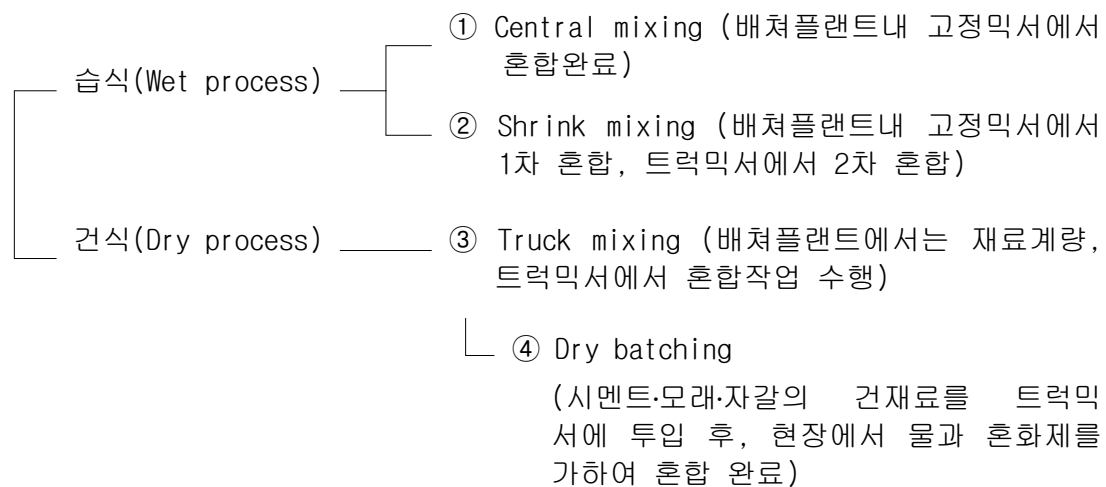
## Ⅱ. 건식 레미콘 생산시스템의 도입배경

### 1. 레미콘 생산·공급체계의 분류 및 현황 분석

#### 1.1 레미콘생산·공급시스템의 분류

레미콘의 생산공급방식은 콘크리트의 비빔을 定置式 배처플랜트(stationary batcher plant)내의 고정식 믹서에서 수행하는가, 아니면 운반장비인 Truck Mixer의 드럼으로 수행하는가에 따라서 일반적으로 센트럴믹스(central mix), 쉬링크믹스(shrink mix), 트럭믹스(truck mix)의 3가지로 분류된다.

여기서 트럭믹스(truck mix)방식 가운데는 시멘트, 모래, 자갈의 건재료를 트럭믹서에 투입하고, 현장까지 운반한 후에 비빔수와 혼화제를 투입하여 혼합(mixing)을 행하는 방법이 있는데, 이를 흔히 Dry batching이라고 부른다.



〈그림 Ⅱ-1〉 레미콘 생산방식의 분류

#### 1) 센트럴 믹스(central mix, 습식)

플랜트에 고정믹서가 설치되어 있어 각 재료를 계량·혼합하여 비빔이 완료된 콘크리트를 Truck Mixer 또는 Truck Agitator에 투입하여 운반중에 교반하면서 지정된 공사현장까지 배달·공급하는 방식이다. 습식 레미콘 생산방식으로서, 현재 우리



나라와 일본에서 적용하고 있는 방식이다.

습식 레미콘을 생산하는 플랜트는 일반적으로 시멘트사일로 및 골재 등의 재료저장설비, 이들 재료의 계량설비, 혼합설비, 플랜트제어설비 및 부대설비로 이루어 있다. 콘크리트 플랜트의 능력은 믹서의 시간당 혼련능력으로 표시되며, 일반적으로  $60\text{m}^3/\text{hr}$  이하의 것은 소형 플랜트에 속하며, 대개  $90 \sim 140\text{m}^3/\text{hr}$ 의 것이 많다.

콘크리트 플랜트는 플랜트를 구성하는 각 부분을 수직으로 적층시켜 구성하는 탑형 중층식 플랜트와 지형 및 기타 조건때문에 골재계량부와 믹싱부를 분리설치한 횡치식 플랜트로 구분할 수 있는데, 현재는 탑형이 압도적으로 많다.<sup>3</sup> 그림 II-2는 습식 레미콘 생산용 탑형 플랜트의 대표적인 예를 나타낸 것이다.

#### 〈그림 II-2〉 습식 레미콘 생산용 배치플랜트(탑형)의 예

<sup>3</sup> 탑형 중층식 플랜트는 상부로부터 저장, 계량, 혼합, 적재 등의 각 부분이 적층되어 있으며, 조작관리부는 계량실 또는 믹서실로 부터 돌출된 형식과 플랜트와 분리하여 별도로 설치된 형식이 있다. 일반적으로 탑형 중층식은 대량의 균일한 콘크리트를 제조하는데 적합하며, 레미콘 공장이나 현장 플랜트에 많이 사용되고 있다. 이에 비해 횡치식 플랜트는 비교적 소형의 것이 많고, 기초공사가 간단하며, 이동이 용이하므로 소규모 공사에 적합하다.

한편, 현재 습식 레미콘 생산에 통상 사용되고 있는 믹서는 可傾式믹서, 강제식 팬형믹서, 수평2축(또는 1축)강제식 믹서이다. 특히 강제식 믹서는 혼합조 속에서 날개(blade)가 회전하여 콘크리트를 비비는 것으로 혼합성능이 좋고 큰 용량이 가능한 등의 장점이 있어서 레디믹스트 콘크리트 플랜트를 중심으로 널리 쓰이고 있다. 강제식 믹서는 용량이 0.25 ~ 4m<sup>3</sup>의 범위인데, 이중 가장 널리 사용되는 것은 1.0m<sup>3</sup> 및 1.5m<sup>3</sup>의 용량을 가진 것이다.

## 2) 쉬링크 믹스(shrink mix, 습식)

定置式 플랜트내의 고정믹서에서 대개 15 ~ 30초의 짧은 기간에 부분적으로 콘크리트를 혼합한 후, 아직 비빔(혼합)이 완전하지 않은 상태에서 Truck Mixer 또는 Truck Agitator에 투입하고 공사현장에 도달할 때까지 운반시간 동안에 완전히 비빔을 하여 현장에 배달·공급하는 방식이다. 이 경우 트럭믹서가 감당할 수 있는 총 혼합용적은 드럼용적의 63%로 제한된다.

쉬링크믹싱은 레미콘산업의 발전 초기에 Truck Mixer내에서 보다 많은 운반을 허용하기 위하여 고안되었다. 그 아이디어는 Truck Mixer안으로 투입되기 전에 부분적으로 비벼, 콘크리트의 용적을 축소시키는 것이다. 오늘날 이 시스템은 미국 등지에서 소수의 생산자에 한해서 사용되고 있다.

쉬링크믹스트콘크리트에 대한 요구조건들은 트럭믹스트콘크리트에 요구되는 것과 동일하다. 단, 트럭믹서의 드럼 내에서의 믹싱시간은 트럭믹서가 균질성 시험<sup>4</sup>을 만족시킬 수 있는 상태라면 감소시킬 수 있다.

## 3) 트럭 믹스(truck mix, 건식)

플랜트에는 고정믹서가 없고 각 재료의 계량장치만을 설치하고 있는데, 계량된 각 재료를 직접 Truck Mixer에 투입하거나, 혹은 시멘트·모래·자갈은 先投入한 후, 공사현장으로 운반하는 도중 또는 타설직전에 소요의 물과 혼화제를 가하여 콘크리트를 완전히 비벼 공급하는 방식이다.

<sup>4</sup> 믹싱의 균질성을 알아보기 위한 시험으로는 ①콘크리트의 단위중량, ②모르터의 단위중량, ③공기량(air content), ④슬럼프(slump), ⑤조골재용적(coarse aggregate content), ⑥ 7일 압축강도의 6가지 시험항목이 있으며, 이 6개의 시험항목중에서 5개에 합격하는 것을 요구하고 있다. 두 개의 샘플은 대략 적재량의 15%지점과 85%지점에서 채취된다. 적재량의 15%와 85%에서 배출된 후에 얻어진 샘플들의 시험은 콘크리트의 균질성을 잃지 않는 상태에서 신속히 이루어져야 한다.



〈그림 Ⅱ-3〉 레미콘 생산·공급방식의 비교

〈표 II-1〉 레미콘의 습식과 건식생산의 차이점 비교

		습식(central mix)	건식(truck mix)
1. 정의		레미콘공장의 배척플랜트에서 재료의 계량, 비빔을 모두 완료하고, 이를 운반차량에 적재하여 공사현장으로 운반하는 방식	레미콘공장에서는 재료의 계량만을 하고, 재료의 혼합(비빔)은 운반중에 혹은 공사현장에서 트럭믹서에 의하여 수행하는 방식
2. 혼합기기		배척플랜트내의 고정식 믹서	트럭믹서
3. 배척플랜트초기투자비		높다	낮다
4. 부지 및 설비규모		크다	작다
5. 운반시간 한도		90분 이내(KS규정)	일반적으로 90분 이내, 그러나 Dry batching의 경우에는 시멘트의 수화가 일어나는 3시간 이내
6. 운전자의 숙련도		중요하지 않음	높은 숙련도 요구
7. 운반차량	운반차량의 종류	Truck Agitator Truck Mixer Dump Truck	Truck Mixer
	적재용량(ASTM 규정)	드럼용적의 80% 이내	드럼용적의 63% 이내
	물탱크 용량	500ℓ	500 ~ 2000ℓ(Dry batching 시 2000ℓ필요)
	드럼최대 rpm	8 ~ 10내외	14 ~ 17내외
8. 품질관리		비교적 용이	다소 어려움
9. 주요 적용국가		한국, 일본, 독일, 프랑스	미국, 영국, 호주, 동남아

ASTM C94(Standard Specification for Ready-Mixed Concrete)에 규정된 Truck-Mixed Concrete의 정의를 살펴보면, 「Truck-Mixed Concrete란 지시된 균질성있는 콘크리트를 생산하기 위하여 장비제조업자에 의하여 설계된 비빔속도하에서 70 ~ 100회전을 하여 Truck Mixer내에서 완전히 비벼지는 콘크리트」라고 정의되어 있다.

즉, 건식 레미콘 생산방식이란 현재와 같이 배척플랜트내의 믹서에서 콘크리트를 혼합하는 형태가 아니라, 배척플랜트에서는 단지 원재료의 계량만을 행하고, 재료의 혼합(mixing)은 트럭믹서의 드럼에서 행하여 레미콘을 제조하는 방식을 말하는데, 이를 흔히 트럭믹싱이라고 한다.

건식 레미콘 생산방식, 즉 트럭믹싱은 크게 두가지로 대별되는데, 일반적으로 건식 생산이라고 하는 것은 레미콘공장의 배치플랜트에서 모든 원재료를 계량하고, 이를 트럭믹서에 투입한 후, 레미콘공장 혹은 운반도중에 혼합을 완료하는 형태를 지칭하며, 이는 유럽과 동남아에서 일반적으로 사용되고 있는 레미콘 생산방식이다.

그런데 운반거리가 아주 먼 경우 등의 특수한 경우에 트럭믹서의 드럼내에 시멘트, 모래, 자갈을 투입한 후, 비빔수와 혼화제는 믹서트럭에 적재된 탱크에 저장하고, 현장에 도착한 후에 투입하여 현장에서 혼합을 수행하는 경우가 있는데, 이를 일반적으로 Dry batching이라고 부른다. 현재 우리나라에서는 이러한 Dry batching을 건식 생산으로 호칭하는 경우가 있으나, 일반적으로 이러한 Dry batching을 포함하여 Truck mixing을 행하는 경우를 건식 생산으로 표현하는 것이 옳바르다.

한편, 이상에서 언급한 센트럴 믹싱(central mixing) 혹은 트럭믹싱(truck mixing) 사이에서의 선택은 다양한 요인에 의존한다. 센트럴믹싱의 기술적인 利點은 Mixing Process의 중앙통제(centralized control)가 이루어질 수 있으며, Truck Mixer운전자의 숙련도가 다소 떨어져도 된다는 점이다. 그러나 美國의 CPMB(Concrete Plant Manufacturers Bureau)의 연구결과<sup>5</sup>에 의하면, 그 결정이 몇 개의 다른 요인, 예를 들면 시장권역(market area), 市場의 크기, 트럭에 있어서 블레이드(blade)의 수명, 트럭이용여부 등에 의존하는 것으로 나타나고 있다.

트럭믹싱의 주요한 利點은 보다 낮은 자본투자(capital investment), 보다 낮은 플랜트 높이, 보다 낮은 전기적 비용(electrical cost), 그리고 郊外地域에서 장거리 운반이 요구될 때에 보다 큰 유연성(flexibility)을 가질 수 있다는 점이다. 현장에서 콘크리트가 비벼질 때까지 시멘트를 건조하게 유지시킬 수 있는 특수한 적재과정이 있다면, 슬럼프손실(slump loss) 및 加水(retempering)의 발생도 피할 수가 있다.<sup>6</sup>

또한 운송의 각각의 형태는 사용조건, 혼합물의 性狀, 타설장소의 입지 및 접근의 용이성, 공급에 소요되는 시간, 레미콘용적, 기상조건 등에 따라 각기 장점과 단점을 가지게 된다.

<sup>5</sup> 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.

<sup>6</sup> 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

## 1.2 해외 주요국의 레미콘생산·공급체계

### 1) 미국

미국에서는 공급지역이 광대하기 때문에 레미콘플랜트의 도입기에서부터 거의가 Truck Mixer 방식이 채택되었다. 오늘날에도 대도시의 일부 공장을 제외하면, 전 공장의 약 75%가 여전히 Truck Mixer를 이용하여, 공장에 고정믹서를 설치하지 않는 소규모공장이 많은 상태이며, 25%정도가 센트럴믹싱 혹은 쉬링크믹싱에 의하여 혼합된다. 또한 미국의 특색으로는 모빌믹서(mobile mixer)<sup>7</sup>가 있는데, 이것은 광대한 토지와 도로사정이 좋은 미국이기 때문에 가능한 것이다.

### 2) 일본

일본에서는 모든 레미콘공장에서 센트럴믹스방식을 채택하고 있으며, 믹서는 強制攪搬型과 可傾式 Mixer가 주로 사용되고 있고, 최근에는 強制攪搬式이 계속 증가하고 있는 추세에 있다.

### 3) 영국

레미콘생산방식은 대부분이 트랜짓 믹싱(transit mixing)이며 센트럴믹싱(central mixing)은 비교적 적는데, 신뢰성있는 자료는 없으나 BRMCO의 발표(부록자료 참조)에 의하면, 레미콘의 약 60%가 드라이배치(dry batch)로 이루어지며, 나머지는 센트럴배치시스템을 사용한다. 센트럴믹싱의 경우 레미콘 공장의 고정믹서는 Tilting형이 많으며 강제혼합형은 적다.

### 4) 독일

독일은 구 서독을 기준으로 할 때, 배치플랜트는 98%가 Central Mix방식으로 Mixer의 대부분은 Mixer내의 Arm이나 Blade와 같은 장치를 강제로 회전시켜 재료를 혼합하는 팬(fan)형 강제교반식인데, 최대용량은 3m<sup>3</sup> 정도이며, 계량시스템은 약 70%가 펀치카드(punch card) 방식인데, 최근 들어서는 컴퓨터의 채용이 늘고 있다.

### 5) 프랑스

레미콘공장의 생산양식은 99%가 Central Mix 방식이며 Mixer는 강제혼합형이 100%이고, Tilting형은 전무하다. 믹서용량은 전국 평균으로 볼 때 1m<sup>3</sup>의 소용량인데, 대도시 부근에는 6m<sup>3</sup>용량의 믹서를 가지고 있는 공장도 있다. 계량 시스템은 65%가 컴퓨터를 사용하고 있으며, Punch Card 방식은 10%, 믹스셀렉터(mix

<sup>7</sup> 시멘트, 골재탱크, 계량장치, 믹서 등을 모아서 트레일러와 트럭샷시 위에 탑재한 것으로서 자유로운 이동이 가능하다.

selector) 방식은 15%로 보고되고 있어, CPU의 적극적 이용이 눈에 띄고 있다.

#### 6) 네덜란드

제조설비는 센트럴믹스 방식이 70%를 차지하며, 믹서는 팬(fan) 타입의 강제혼합 형이 30%정도이다. 믹서능력은 최대 용량이  $150\text{m}^3/\text{hr}$ 로서 전반적으로 대용량의 믹서가 적으며, 계량시스템은 Punch Card방식이 50%를 차지하나 최근 컴퓨터가 상당히 보급되고 있다.

#### 7) 호주

호주의 레미콘은 모두 드라이벳치라고 불리는 방법으로 제조되고 있다. 호주의 레미콘공장의 프랜트에는 믹서가 없다. 레미콘의 제조방법인 드라이 벳치라는 것은 콘크리트의 비빔은 트럭믹서내에서 하게되어 있다.<sup>8</sup> 그대로 믹서이며 우리나라의 예지테이터와는 다르고, 그것외에는 기본적으로 레미콘공장의 설비는 우리나라와 비교하여 큰 차가 없다.

#### 8) 동남아시아

말레이시아, 싱가포르 등 주요 동남아국가에서는 전적으로 건식배합방식을 사용하고 있다. 그러나 현장에서 물을 첨가하는 Dry Batching는 매우 적으며, 단지 트럭믹서에 의해 콘크리트를 혼합하는 형태의 건식배합이 널리 보급되어 있는 상태이다.

이상에서 주요국의 레미콘생산방식을 살펴본 결과를 요약하면 표Ⅱ-2와 같은데, 일본과 독일, 프랑스, 네덜란드 등지에서는 습식 생산방식인 센트럴믹스(central mix)방식이 높은 비율을 점유하고 있는 반면, 미국과 영국, 호주, 동남아 등지에서는 트럭믹싱을 행하는 건식 생산방식의 점유비율이 높게 나타나고 있다.

<sup>8</sup> 호주의 드라이 벳치의 비빔방법은 우선 믹서차에 비빔에 쓰이는 수량(水量)의 90%와 화학혼화제를 투입한다. 다음으로 호퍼에 계량된 잔골재, 굵은 골재와 별도로 계량된 시멘트를 투입한다. Truck Mixer로 약 2분간 혼합한 후, Truck Mixer의 운전기사가 콘크리트의 슬럼프를 눈으로 확인하고 소요슬럼프보다 낮은 경우에는 加水를 하여 슬럼프를 조정한다. 호주에서는 레미콘회사 거의가 Truck Mixer의 운전기사에게 슬럼프의 조정책임을 지우고 있으며, 현장에 납입되지 않은 콘크리트에 대해서는 임금지불이 되지 않기 때문에 운전기사 모두가 슬럼프 등 콘크리트의 품질관리에 충실하게 된다.

〈표 II-2〉 주요국의 레미콘 생산방식의 현황

	레미콘생산방식 점유비(%)		배치플랜트 믹서 형식
	습식(central mix)	건식(truck mix)	
미 국	25	75	可傾式(tilting)
일 본	100	-	팬(fan)형 강제혼합식
영 국	40	60	可傾式(tilting)
독 일	98	2	팬(fan)형 강제혼합식
프 랑 스	99	1	팬(fan)형 강제혼합식
네덜란드	70	30	팬(fan)형 강제혼합식
호 주	-	100	-
말레이시아	-	100	-

\* 건식은 Dry batching을 포함한 truck mixing을 의미함

### 1.3 국내의 레미콘 생산·공급시스템

歐美지역에서는 위에서 언급한 3가지의 레미콘제조방식이 모두 채택되고 있으며, 주로 건식생산방식인 트랜짓믹스트콘크리트가 매우 활성화되어 있다. 그러나 우리나라에서는 레미콘에 대한 한국산업규격인 KS F 4009을 보면

#### 7.1.3 믹서

- 1) 믹서는 고정믹서로 한다.
- 2) 믹서는 소정 슬럼프의 콘크리트를 7.3.2에 따라 규정한 용량으로 혼합할 때 각 재료를 충분히 혼합시켜 균일한 상태로 배출할 수 있는 것이어야 한다

#### 7.1.4 운반차

- 1) 운반차는 트럭믹서 또는 트럭에지테이터를 사용한다.
- 2) 덤프트럭은 슬럼프 2.5cm의 콘크리트를 운반하는 경우에 한하여 사용할 수 있다.

#### 7.3.1 혼합

레디믹스트 콘크리트는 7.1.3에 규정하는 믹서로 공장내에서 균일하게 혼합한다.

와 같이 규정하고 있어 센트럴믹스방식(습식)에 의해서만 레미콘 생산이 가능하도



록 규정하고 있으며, KS표시허가 공장으로 지정받기 위하여는 이러한 센트럴믹스방식을 택해야 하기 때문에 歐美地域에서와 같이 다양한 방식의 선택은 허용되지 않는 환경에 놓여 있다.

그러나 수송장치에 대해서는 습식레미콘 운반장치인 Truck Agitator과 건식레미콘 운반장치인 Truck Mixer, 그리고 포장용 콘크리트의 운반설비인 Dump Truck을 모두 다 사용할 수 있도록 규정하고 있다.

## 2. 건식레미콘 생산시스템의 도입배경 분석

### 2.1 습식생산에 있어 레미콘의 운반시간 경과에 따른 품질변동의 이해

#### 1) 레미콘의 운송시간에 대한 규정

레미콘의 혼합후 타설이 끝날 때까지의 시간한도는 콘크리트의 배합, 사용재료, 온도, 습도, 운반방법 등에 의하여 변화한다. 운반시간의 한도에 대하여 우선 건축공사표준시방서(1994년 개정판)의 규정을 보면

#### 5.6.3 콘크리트의 비빔에서 부어넣기 종료까지 시간의 한도

가. 콘크리트의 비빔시작부터 부어넣기 종료까지 시간의 한도는 의기온이 25℃ 미만의 경우에는 120분, 25℃ 이상의 경우에는 90분을 한도로 한다.

나. 위의 시간 제한은 콘크리트 온도를 낮추거나 혹은 응결을 지연시키는 등의 특별한 방법을 강구한 경우에는 담당원의 승인을 얻어 변경할 수 있다.

또한 콘크리트표준시방서에서는

#### 7.2 일 반

(1) 콘크리트는 신속하게 운반하여 즉시 치고, 충분히 다져야 한다. 비비기로부터 치기가 끝날때까지의 시간은 원칙적으로 외기온도가 25℃를 넘었을 때 1.5시간, 25℃ 이하일 때 2시간을 넘어서는 안된다.

(2) 운반 및 치기는 콘크리트의 재료분리가 될 수 있는 대로 적게 일어나도록 해야 한다.

로 규정하고 있다.

일반적으로 콘크리트는 비비기가 끝난 후 가급적 가장 빠른 시간내에 운반해서 타설하는 것이 바람직하다. 따라서 운반시간을 가능한 한 짧게 하고, 콘크리트의 컨시스턴스, 워커빌리티 등의 성질의 변화가 적고, 또한 경제적인 방법으로 운반해야 한다. 또한 타설까지의 시간이 길어질 경우에는 遲延劑, 流動化劑의 사용을 사전에 검토하는 것이 바람직하다.

또한 적당한 배합의 콘크리트를 매우 주의해서 운반하더라도 콘크리트는 재료분리를 일으키기 쉽다. 운반중에 현저한 재료분리를 인정했을 때에는 충분히 거둬비비기를 해서 균등질의 콘크리트로 해야 한다.

한편, 레미콘은 운반시간에 따라 품질이 변화하는 문제점이 있기 때문에 KS F 4009(레디믹스트 콘크리트)에서도 Truck Agitator의 성능과 운반에 대한 규정을 두고, 혼합후 치기까지의 소요시간을 90분 이내로 제한하고 있다.

또 ASTM C-94(Standard Specification for Ready-Mixed Concrete)에서도 혼합후 90분 이내에 타설하도록 하고 있으며, 에지테이터 드럼의 회전수가 300회를 넘지 않도록 규정하고 있다.

현실적인 문제로서 위와 같은 규정들은 교통사정, 현장의 제반 준비미비나 갑작스런 기상변화 등으로 인하여 잘 지켜지지 않는 경우가 있으며, 이 때 슬럼프의 저하, 공기량의 감소 및 재료분리 등이 초래될 수 있다. 특히 기온이 높거나 지정한 슬럼프값이 작은 경우는 허용운반시간 이내에서도 슬럼프 저하로 시공이 어렵게 되는 경우가 있다.

## 2) 레미콘운반시간의 실태분석

레미콘은 운반시간에 따라 품질이 변화하며, 시멘트의 초기수화, 수분의 증발 및 골재의 수분흡수 등으로 인하여 워커빌리티(workability)가 저하한다. 그러나 일정한 운반시간의 범위내에서는 강도는 저하되지 않는다.

레미콘의 운반시간에 따른 품질변동에 대한 실험결과<sup>9</sup>에 의하면, 그림 II-4에서 보는 바와 같이 1시간이 경과하면 레미콘의 슬럼프가 급격히 저하되기 시작하며, 90분이 경과한 후에는 거의 절반 수준으로까지 감소한다는 것을 알 수 있다. 그러나

<sup>9</sup> Beaufait, F. W. and Hoadley, P. G., 'Mix time and retempering studies on ready mixed concrete' Journal, American Concrete Institute, Vol. 70, No. 12, Dec. 1973, p.810; and Discussion, Journal, American Concrete Institute, Vol. 73, No. 4, April 1976, p.233.

레미콘의 강도는 비빔후 3시간까지는 거의 비슷한 경향을 보이고 있다. 따라서 레미콘의 운반시간은 유동성을 확보한다는 의미에서 정확히 지켜지는 것이 바람직하다.

#### 〈그림 Ⅱ-4〉 운반시간에 따른 압축강도비의 변화

레미콘이 배치플랜트에서 혼합, 운반과정을 거쳐 현장에서 치기까지 소용되는 시간에 알아보기 위하여 서울에 소재하고 있는 A회사, K회사 및 S회사의 레미콘 공장에서 출하된 1,000대분씩 총 3,000대분에 대하여 운반거리와 운반시간을 조사분석한 결과<sup>10</sup>에 의하면, 우선 레미콘의 운반거리는 대부분 30km 이내로서, 운반거리의 평균은 11.8km 정도이었다.

레미콘의 순수수송시간은 10~40분의 범위가 대부분으로 70% 이상이며, 60분 이상 소용되는 경우는 약 5%, 90분 이상은 총 3,000대 중에서 10대로서 0.3%에 지나지 않았다. 또한 현장에 운반된 레미콘의 치기까지의 대기시간의 평균은 약 29분이며, 대기시간이 60분 이상인 경우가 약 15%, 90분 이상인 경우가 7%에 이르는 것으로 나타나 레미콘의 품질관리상의 문제점이 되고 있음을 알 수 있다. 그리고 레미콘을 배출하는데 소요된 시간은 60분 이상의 배출시간의 소요될 경우가 7% 정도나 되며, 평균 25분 소요되는 것으로 나타났다.

<sup>10</sup> 崔在眞, 수송시간이 레미콘의 품질에 미치는 영향, 조합월보, 한국레미콘공업협동조합, 1991. 6, pp.13-24

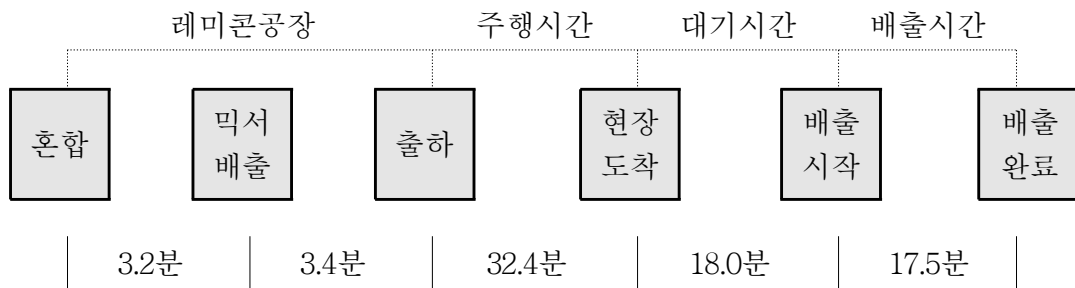
#### 〈그림 II-5〉 레미콘의 수송 및 대기시간별 빈도수

그림 II-5는 수송시간과 대기시간을 합한 시간을 15분 간격으로 구분한 빈도수를 나타낸 것인데, 레미콘의 수송시간과 대기시간을 합한 평균시간이 약 57분이며, 90분과 120분이 소요된 경우는 각각 전체의 17%와 8%정도이었다. 즉, 레미콘 규격에는 레미콘을 혼합한 후 90분 이내에 공사지점에서 배출하도록 정하고 있으나 허용시간을 초과하는 경우가 17%에 이르며 배출에 소요되는 시간까지를 가산하면 35%에 이르고 있어 현장에서의 대기시간과 배출시간이 큰 문제점이 되고 있는 것으로 나타났다.

한편 1992년도에 레미콘 생산실태에 대하여 설문조사한 결과<sup>11</sup>를 살펴보면, 그림 II-6에서 보는 바와 같이, 레미콘생산으로부터 타설까지 소요되는 시간은 업체평균으로 혼합에서 출하까지 6.6분, 주행 32.4분, 대기 18.0분, 배출 17.5분의 행태를 나타내고 있어 레미콘의 생산에서 타설완료까지 일반적으로 1시간 이상이 소요되는 것으로 나타나고 있다.

또한 레미콘공장의 믹서배출로부터 현장타설완료까지의 소요시간별 출하비율을 보면 30~60분 사이에 완료된 경우가 42.6%로 가장 많았으며, 60~90분 소요는 28.1%, 30분 이내가 24.0%로 나타났으나, 90분이 초과된 경우도 6.5%나 되어 출하물량중 상당부분이 품질에 문제가 생길 가능성이 큰 것으로 나타났다.

<sup>11</sup> 이상한 외, 주택생산관련산업의 발전방안에 관한 연구, 한국주택은행, 1992. 12, p.134



〈그림 II-6〉 레미콘의 생산·출하공정별 평균 소요시간

이와같이 규정시간을 초과한 주요 원인으로는 현장작업준비의 미비, 교통체증 및 원거리 현장 공급 등이 지적되고 있다. 특히 1990년대 이후 교통체증의 심화로 레미콘 공급시간이 지연되고 있는 것이 가장 큰 문제점으로 대두되고 있다.

일반적으로 레미콘공장은 공해유발업종으로 판정되어 대부분 市外에 위치하고 있으며, 더구나 都心에 존속하고 있는 레미콘공장들도 점차 도심외곽으로의 이전조치 등이 취해짐에 따라 레미콘생산에서 타설완료까지의 소요시간이 증대되고 있어 레미콘의 품질관리가 더욱 어려워지고 있다.

이러한 레미콘타설 소요시간의 증대는 유동성을 저하시켜 결국 작업성이 나빠지는 문제점을 야기시키는데, 특히 건설현장에서 시공능률만을 중시한 결과, 레미콘에 다량의 加水가 자행되어 재료분리, 균열, 강도부족 등과 같은 품질의 저하가 공공연히 발생하고 있는 것이 현실이다.

## 2.2 레미콘의 유동성 실태와 加水의 피해

국내의 레미콘 생산규격별 소비실태를 보면 그림 II-7에서와 같이 8~12cm 내외의 비교적 저슬럼프(low slump)규격의 사용비율이 매우 높은 편이다.<sup>12</sup> 이는 건설현장에서 원가절감을 위하여 선호하는 사례도 있으나<sup>13</sup>, 슬럼프에 대하여 폭넓은 규정을 두고 있는 건설관련 시방서의 영향을 받고 있다.

<sup>12</sup> 한국레미콘공업협회 내부자료 참조

<sup>13</sup> 동일한 강도에서 슬럼프를 크게 하기 위하여는 單位水量과 시멘트량이 함께 증가되므로 저슬럼프보다 고슬럼프 규격으로 갈수록 생산단가가 높아지게 됨

#### 〈그림 Ⅱ-7〉 슬럼프별 레미콘 출하비율

즉, 이와 같이 저슬럼프 규격을 사용하게 되면, 레미콘의 경우 생산후 90분이 경과되면 급격한 슬럼프 손실(slump loss)이 발생하게 되어 유동성이 크게 저하되므로 만약 현장타설작업이 지연될 경우, 저슬럼프 콘크리트의 유동성은 더욱 크게 저하되고, 결국加水행위가 불가피해 질 확률이 높다는 것이다..

한편, 건설현장에서 레미콘에 加水를 하게되면, 이는 레미콘의 슬럼프를 변동시켜 작업성이 좋아지게 되나, 시멘트량에는 변화가 없이 單位水量만이 많아지게 되어 물·시멘트比(water cement ratio)가 현저하게 높아지게 된다. 따라서 건설현장에서 레미콘에 대한 加水가 이루어지게 되면, 압축강도의 필연적인 저하를 가져오며, 콘크리트의 건조수축이 증가하게 되어 균열발생이 많아지고, 加水후의 레미콘의 혼합이 불충분한 상태로 되기 쉬워 재료분리·곰보 등 부분적으로 콘크리트구조물의 불량을 유발하기 쉽다.

이러한 현상을 감안하여 지난 1994년 9월 레디믹스트콘크리트의 한국산업규격인 KS F 4009가 개정되었는데, 동 규격에서는 저슬럼프 규격의 사용에 따른 건설현장에서의 레미콘에 대한 加水를 방지하기 위하여 ‘콘크리트펌프를 이용하여 레미콘을

타설할 때는 슬럼프 15cm이상의 콘크리트를 사용하여야 한다' 라고 규정한 바 있다.

### 2.3 습식 레미콘생산방식의 규제와 문제점

콘크리트는 원래 자유창작의 소재이었다. 그런데 레미콘이라는 상품으로서 유통되게 되면서부터 정형화되어 본래 가지고 있던 자유를 상실하게 되었다. 이는 토목이나 건축에서 말하는 콘크리트의 제조기술과 약간 뜻을 달리하는 것이다. 레미콘을 규제하는 KS F 4009(레디믹스트콘크리트)라고 하는 국가공업규격이 정해지게 되면서, 그 테두리안에서 엄격한 규제가 이루어지게 되었다.

특히 레미콘은 재료를 혼합하여 아직 경화되지 않은 상태인 콘크리트로서 공급하는 반제품(semi-manufactured goods) 형태의 제품이기 때문에, 그외의 KS 제품과는 달리, 제품 그 자체의 良否判定을 즉시 내릴 수 없는 특징이 있다. 그러므로 KS규격에서는 원재료에서 제조공정의 세밀한 부분까지의 제반상황을 규정하여 구속하게끔 되었다.

일반적으로 레미콘의 제조방식은 앞서 살펴보았던 것처럼 ①센트럴 믹싱(central mixing), ②쉬링크 믹싱(shrink mixing), ③트럭 믹싱(truck mixing), ④연속믹서방식(continuous mixing)의 4가지 Type으로 구분된다.

그런데, 레미콘공장으로서 KS마크 표시허가 공장으로 지정되지 않으면, 상거래상 커다란 핸디캡을 지니게 되므로 KS F 4009는 자연히 헌법으로서 군림하게 된다. 따라서 레미콘은 위와 같이 센트럴믹싱, 트럭믹싱과 쉬링크믹싱 등 세가지 방식이 있으나, KS규격에서 공장내의 고정믹서로 비빔을 완결시키는 방식을 규정함으로써, 레미콘 생산자측의 입장에서 보면 센트럴믹싱 방식에서 벗어나기 어려운 수동적 자세가 될 수 밖에 없었다. 또한 최근의 혼화제, 특히 고성능AE감수제 계통의 혼화제는 작업현장에서 後添加하는 것이 효과적이나, 센트럴믹싱 방식에서는 공장에서 제품의 혼합이 완결되지 않으면 안되므로 後添加라는 방법이 쓰여지기 어렵게 되었다.

센트럴믹싱으로 한정되어 왔던 우리나라의 레미콘 업계로서는 다른 외국에서와 같은 자유분방한 방식의 선택이 허용되지 않는 환경에 놓여있다. 이와 같이 레미콘은 방법론적으로도 좁은 범주속에 폐쇄되어 있고, 품질수준을 결정함에 있어 국민들에게 널리 사용되고 있는 상품이므로 특별히 고급의 콘크리트를 대상으로 하고

있지는 않다. 따라서 보통으로 쓰여지는 콘크리트로서 충실한 품질을 갖추지 않으면 안된다. 이러한 개념은 日本이나 歐美諸國에서도 크게 차이가 나지 않으며, 따라서 일반적인 레미콘의 품질도 歐美 各國과 별 차이가 없다고 할 수가 있다.

## 2.4 현행 레미콘의 품질에 대한 설문조사결과 분석

### 1) 설문조사의 개요

설문조사는 레미콘의 품질에 대하여 현황을 파악하고, 레미콘의 품질문제에 대한 건설업계와 레미콘업계의 입장차이를 파악하기 위하여 실시하였다.

조사대상은 대한건설협회 회원사 500개사 및 한국레미콘공업협회 회원사 530개사로 하였으며, 회수율은 건설업계 116개사(23.0%), 레미콘업계 113개사 (21.3%)였다.

조사방법은 우편조사(양식은 별첨1 참조)로 하였으며, 설문조사기간은 1996년 4월 1일 - 1996년 4월 30일이었다.

### 2) 설문조사결과의 분석

레미콘은 혼합이 개시되고부터 시간의 경과에 따라 슬럼프, 공기량 등에 변화가 생긴다. 특히 슬럼프 저하는 타설현장에서의 펌프압송성, 시공성을 저하시키게 된다. 그 때문에 현장에서는 펌프압송성, 시공성을 확보하기 위하여 운반되어 온 레미콘에 물타기를 하는 일이 있는데, 이것을 일반적으로 加水라 부른다. 일반적으로 건설현장에 운반되어 온 레미콘에 加水가 이루어지게 되면, 유동성이 증진되어 작업성이 향상되나, 콘크리트의 강도저하가 필연적으로 나타나게 되고, 또한 건조수축의 증가 등에 의한 균열의 발생증가 등으로 인하여 콘크리트의 품질이 크게 저하하게 된다.<sup>14</sup>

그러나 지금까지 국내의 현실은 콘크리트시공시 加水を 당연시하여 온 측면이 없지 않으며, 이에 따라 콘크리트구조물의 품질이 열악해지는 것을 피할 수가 없었다. 특히 품질이 열악한 골재 및 海砂(sea sand)를 사용할 경우는 加水的 영향이 더욱

<sup>14</sup> 현장에서 레미콘에 加水を 하게 되면 이는 레미콘의 슬럼프(반죽질기의 척도)를 변동시켜 작업성이 좋아지게 되나, 시멘트량에는 변화가 없이 單位水量만이 많아지게 되어 물시멘트比가 현저하게 높아지게 된다. 따라서 건설 현장에서 레미콘에 대한 加水가 이루어지게 되면 강도-물시멘트比 이론에 의할 때 압축강도의 저하를 가져오며, 콘크리트의 건조수축이 증가하게 되어 균열발생이 많아지고, 加水한 후의 레미콘 혼합이 불충분한 상태로 되기 쉬워 재료분리, 곰보 등 부분적인 콘크리트구조물의 불량률 유발하기 쉽게 된다. 이와 같은 이유때문에 현장에서 레미콘에 대한 加水是 절대로 피하지 않으면 안된다.



현저하게 나타나게 되나, 이에 대한 문제의식이 거의 없었던 것이 사실이다.

과거로부터 건설현장에서는 레미콘에 대한 加水가 많이 이루어졌는데, 이와 같이 건설현장에서 레미콘에 대한 加水가 발생하는 원인에 대하여는 건설업체의 경우 운반시간의 지연에 따른 슬럼프의 감소를 주된 요인으로 지적(48.3%)하였으나, 레미콘업체에서는 슬럼프 8-12Cm의 저슬럼프(low slump) 규격을 사용하기 때문이라는 응답이 높아 (58.4%) 심한 견해차이를 보이고 있다.(표Ⅱ-3)

또한 加水행위의 주체에 대하여는 건설업체의 경우 공동책임 (43.0%)이라는 응답이 비교적 높았으나(표Ⅱ-4), 레미콘업체에서는 콘크리트펌프업자의 관행(61.6%)을 가장 크게 문제시하고 있었다. 따라서 콘크리트펌프업자에 대한 의식교육과 더불어 콘크리트펌프(concrete pump)의 압송성, 내마모성 등과 같은 성능향상이 요구된다고 볼 수 있다.

그런데 加水가 일어나는 비율에 대하여는 20% 이하라고 응답한 비율이 건설업체 75.9%, 레미콘업체 82.3%로 압도적으로 많았으며(표Ⅱ-5), 또한 과거와 비교하여 건설현장에서의 加水行爲가 크게 감소하였다는 의견이 80% 내외(건설업체 81.9%, 레미콘업체 79.6%)에 달하여 의견이 일치하고 있어(표Ⅱ-6), 건설현장에서의 레미콘에 대한 加水行爲가 점차 줄어들고 있음을 알 수 있었다.

〈표Ⅱ-3〉 건설현장에서 레미콘에 대한 加水 발생 원인

	건설업체		레미콘업체	
	업체수	비율(%)	업체수	비율(%)
슬럼프 8-12Cm의 저슬럼프 규격 사용	30	25.9	66	58.4
운반시간 지연에 따른 슬럼프의 감소	56	48.3	1	0.9
현장작업원의 과거로부터의 관행	27	23.3	45	39.8
기타, 무응답	3	2.6	1	0.9

〈표Ⅱ-4〉 건설현장에서의 레미콘 加水행위 주체

	건설업체		레미콘업체	
	업체수	비율(%)	업체수	비율(%)
레미콘 공급업자	13	12.1	—	—
콘크리트 펌프업자	40	37.4	77	61.6
건설업체	8	7.5	41	32.8
공동책임	46	43.0	7	5.6

〈표Ⅱ-5〉 레미콘에 대한 현장 加水가 일어나는 비율

	건설업계		레미콘업계	
	업체수	비율(%)	업체수	비율(%)
20%이하	88	75.9	93	82.3
21-40%	19	16.4	17	15.0
41-60%	9	7.8	3	2.7
60% 이상	-	-	-	-

〈표Ⅱ-6〉 레미콘에 대한 현장 加水실태의 과거와 현재의 비교

	건설업계		레미콘업계	
	업체수	비율(%)	업체수	비율(%)
크게 감소	95	81.9	90	79.6
다소 감소	20	17.2	23	20.4
거의 동일	1	0.9	-	-
증 가	-	-	-	-

〈표Ⅱ-7〉 콘크리트펌프를 사용시 슬럼프 15Cm이상 사용의무화에 대한 의견<sup>15</sup>

	건설업계		레미콘업계	
	업체수	비율(%)	업체수	비율(%)
품질을 확보하기 위한 적절한 조치이다	82	70.7	106	93.8
품질을 더욱 저해할 가능성이 높다	9	7.8	1	0.9
슬럼프 15Cm이상 사용을 의무화 하는 것은 바람직하지 않다	24	20.7	5	5.3
기타	1	0.9	-	-

이는 1994년 레디믹스트콘크리트 한국공업규격인 KS F 4009의 개정으로 콘크리트펌프를 사용할 경우 슬럼프 15Cm 이상을 사용하도록 권장되고 있고, 또한 건설업계 및 레미콘업계의 지속적인 홍보와 노력에 의한 결과로 사료된다. 본 설문조사 결과, KS규격에 콘크리트펌프사용시 슬럼프 15Cm 이상의 레미콘을 사용하도록 규정한 것에 대하여는 건설업계와 레미콘업계 공히 긍정적인 반응을 보이고 있었다. (표Ⅱ-7)

현행 습식 레미콘의 품질에 대하여는 양호하다는 응답이 건설업계와 레미콘업계의 공통적인 평가(건설업계 73.3%, 레미콘업계 85.8%)이었으며, 다만 매우 우수하다는 응답은 매우 적게 나타나 아쉬움을 주고 있다.(표Ⅱ-8)

15 정부에는 지난 1994년 9월 KS F 4009를 개정하여 '콘크리트펌프를 사용할 때에는 슬럼프 15Cm이상을 사용해야 한다'라고 규정한 바 있다.

〈표 II-8〉 현행 습식레미콘의 품질에 대한 평가

	건설업계		레미콘업계	
	업체수	비율(%)	업체수	비율(%)
매우 우수	1	0.9	9	8.0
양호	85	73.3	97	85.8
다소 열악	29	25.0	6	5.3
매우 불량	1	0.9	2	1.8

〈표 II-9〉 레미콘의 품질에 대한 클레임

		건설업계				레미콘업계			
		1위	2위	3위	비율(%)	1위	2위	3위	비율(%)
굳지않은 콘크리트	용적부족	14	15	25	11.9	6	16	21	5.4
	이물질 혼입	11	23	17	9.3	4	24	23	3.6
	작업성(슬럼프)불량	72	25	8	62.7	87	4	7	78.4
	경화불량	5	21	27	4.2	7	10	11	6.3
	블리딩 및 레이턴스	13	24	15	11.0	7	23	10	6.3
	기 타	1	8	24	0.8	-	-	-	-
경화 콘크리트	강도부족	44	15	11	37.9	4	7	9	3.5
	균열	39	35	16	33.6	64	11	15	56.1
	표면이상	6	22	38	5.2	9	26	32	7.9
	곰보,재료분리	22	27	25	19.0	30	39	11	26.3
	타락, 팝아웃	1	4	5	0.9	-	-	5	-
	기타, 무응답	4	13	21	3.4	7	-	-	6.1

주) 비율은 1위 응답자만을 대상으로 한 것임

레미콘의 품질에 대한 클레임으로는 굳지않은 프레스시(fresh)한 상태에서는 작업성(workability) 불량이 건설업계(62.7%), 레미콘업계(78.4%) 모두 높은 비율을 차지하고 있었다. 결국 이러한 작업성능의 문제가 결국 加水행위와 연관되어 있고, 최근의 건식레미콘 생산시스템의 도입에 대한 논의를 불러일으킨 계기가 된 것으로 사료된다.

또한 경화콘크리트에 있어서는 균열, 강도부족, 곰보(honeycomb), 재료분리(segregation)등이 주요 클레임으로 지적되었는데, 레미콘업계에서는 균열에 큰 비중을 둔 반면, 건설업계에서는 강도부족에 더 큰 클레임을 제기하고 있었다.

레미콘의 품질불량을 일으키는 원인에 대하여는 불량한 원자재를 사용하기 때문이라는 응답이 건설업계와 레미콘업계 공히 56%를 차지하여 유사한 인식을 갖고 있었다.(표Ⅱ-10)

레미콘의 생산에서 타설까지 걸리는 시간이 지연되는 원인에 대하여는 건설업계의 경우 교통체증의 심화(59.5%)를 가장 큰 원인으로 꼽고 있었으나, 레미콘업계에서는 공사현장에서의 작업준비의 미흡(38.1%)을 가장 큰 요인으로 지적하고 있어 상반된 입장차이를 나타내었다.(표Ⅱ-11)

〈표Ⅱ-10〉 레미콘의 품질불량을 일으키는 원인

	건설업계		레미콘업계	
	업체수	비율(%)	업체수	비율(%)
불량 원자재 사용	65	56.0	64	56.6
레미콘 품질의 편차가 심함	23	19.8	23	20.4
운반시간의 과다에 의한 품질변동	26	22.4	14	12.4
기 타	2	1.7	12	10.6

〈표Ⅱ-11〉 레미콘 생산에서부터 타설시 까지 시간이 과다한 원인

	건설업계		레미콘업계	
	업체수	비율(%)	업체수	비율(%)
원거리 현장공급의 과다	25	21.6	7	6.2
교통체증의 심화	69	59.5	28	24.8
레미콘공장의 편재(부족)	9	7.8	2	1.8
공사현장에서의 대기시간의 과다	12	10.3	25	22.1
공사현장의 작업준비의 미흡	1	0.9	43	38.1
기타	-	-	8	7.0

〈표Ⅱ-12〉 건설현장에서 레미콘 차량이 多數 대기하고 있는 이유

	건설업계		레미콘업계	
	업체수	비율(%)	업체수	비율(%)
건설업체에서 요구하고 있다	4	3.4	30	26.5
건설업체에서 경우에 따라 요구하는 경우가 있다	77	66.4	75	66.4
건설업체에서 요구하지 않는다(레미콘 업체의 관행)	35	30.2	3	2.7
기타	-	-	5	4.4

〈표 II-13〉 레미콘 품질검사 항목중 현장에서 불합격되는 비율

		건설업계		레미콘업계	
		업체수	비율(%)	업체수	비율(%)
공기량	1%미만	47	42.7	90	79.6
	2-3%	40	36.4	12	10.6
	4-5%	17	15.5	1	0.9
	6-10%	4	3.6	3	2.7
	10%이상	2	1.8	-	-
	기타, 무응답	6	-	-	-
슬럼프	1%미만	26	23.4	50	45.4
	2-3%	39	35.1	39	35.5
	4-5%	19	17.1	15	13.6
	6-10%	13	11.7	3	2.7
	10%이상	14	12.6	3	2.7
압축강도	1%미만	54	49.1	84	87.5
	2-3%	27	24.5	9	9.4
	4-5%	15	13.6	1	1.0
	6-10%	9	8.2	2	2.1
	10%이상	5	4.5	-	-

또한 건설현장에는 레미콘차량이 다수 대기하여 타설을 하고있는 경우가 많은데, 그 원인에 대하여는 건설업체에서 경우에 따라 요구하고 있기 때문이라는 응답이 가장 높게 나타났다.(표 II-12) 이는 현재 레미콘믹서트럭의 배치계획이 제대로 이루어지지 않고 있으며, 또한 대도시의 교통사정 등으로 콘크리트 타설작업이 도중에 중단될 경우 콜드조인트(cold joint)<sup>16</sup> 등의 품질불량이 발생할 것을 우려하여 건설업체에서 콘크리트타설작업을 일괄하여 시행하려는 의도가 있는 것으로 분석된다.

다만 외국의 경우 레미콘업체에서 無線通信體系를 구축하여 배차계획이 원활하게 이루어져 공사현장에 레미콘믹서트럭이 1~2대가 대기하는 것이 보통인 것을 감안할 때, 국내에서도 레미콘 운송계획에 좀 더 면밀한 대응책이 필요하다고 사료된다.

한편 레미콘품질검사에서 불합격되는 비율을 살펴보면, KS F 4009에서 규정하고 있는 슬럼프(slump), 공기량(air content), 압축강도(compressive strength) 항목을 대

<sup>16</sup> 콜드조인트(cold joint)란 응결하기 시작한 콘크리트에 새로운 콘크리트를 이어칠 경우, 콘크리트의 일체화가 저하되어, 이어치는 부분에 시공불량이 발생하는 현상을 말한다.

상으로 할 때, 유동성의 척도인 슬럼프시험 불합격률이 상대적으로 높은 것으로 나타났다으며, 불합격률이 10% 이상에 달한다는 응답도 상당수 존재하였다.

이는 슬럼프가 주로 운반거리 및 운반시간에 관계되나, 현재의 품질관리 체계하에서는 레미콘공장에서 운반거리, 현장여건 등에 따라 配合設計(mix proportion design)를 조정하기가 곤란하여 운반시간 및 운반거리에 관계없이 동일한 배합조건으로 레미콘을 생산하는 경우가 많기 때문으로 사료된다.

### 3. 건식 레미콘 생산시스템의 도입 필요성 및 예상효과

#### 3.1 건식 레미콘 생산시스템의 도입 필요성

앞서 레미콘의 품질실태에 대한 현장조사 및 설문조사에서 살펴본 바와 같이 국내의 레미콘품질은 대체적으로 양호하다고 볼 수 있으나, 레미콘의 생산에서 타설 완료에 이르기까지 소요되는 시간이 평균 60분 내외, 그리고 KS에서 규정하고 있는 소요시간 한도인 90분을 초과하는 경우가 35%에 달한다는 점을 감안할 때, 레미콘의 시공성에 문제가 발생할 소지가 높은 편이다.

또한 레미콘의 슬럼프규격을 보면, 8~12cm의 저슬럼프 규격이 대량으로 사용되고 있는데, 이는 그대로 타설되면 큰 문제가 없으며, 오히려 콘크리트의 건조수축과 블리딩(bleeding)이 감소되어 양질의 콘크리트구조물을 시공할 수 있으나, 국내의 현실은 콘크리트펌프업자측에서 콘크리트펌프의 마모를 우려하여 레미콘에 대한 加水를 행하는 경우가 많다. 더구나 운반시간의 지연 등이 나타날 경우, 이러한 저슬럼프규격은 유동성의 손실이 과다하여 加水가 불가피하게 되는 측면이 있다. 비록 1993년에 KS F 4009를 개정하여 콘크리트펌프를 사용하여 레미콘을 시공할 경우는 슬럼프 15cm이상을 사용하도록 의무화하였으나, 건설공사 시방서에는 이러한 규정이 없어 아직까지 건설현장에 널리 보급되고 있지 못한 상태이다.

한편 이러한 레미콘운반시간의 문제는 앞으로 더 크게 부각될 것으로 전망되는데, 그 주요한 이유로는 레미콘 공급의 원거리화 및 교통체증의 심화를 들 수가 있다.

우선 최근 도시환경문제 등이 사회적인 이슈로 대두됨에 따라 도심인근에 레미콘 공장을 설립하는 것은 불가능한 상태이며, 현재 도심내에 위치하고 있는 레미콘공장이 점차 도심외곽으로 이전이 강요되고 있는 상태이다. 그러나 레미콘의 수요는 대부분 도심내에서 발생하고 있어, 레미콘의 공급거리가 더욱 멀어지고 있는 것이

현실이며, 이에 따라 운반시간의 증가도 불가피한 상황이다.

또한 자가운전자의 증가에 비례하여 도로망의 확충이 이에 크게 미치지 못하는 실정에 있기 때문에 대도시는 물론 최근에는 중소도시에 이르기까지 도심의 교통체증이 점차 심화되고 있다. 이 또한 레미콘의 운반시간을 더욱 증가시키는 요인이 되고 있는 것이 현실이다.

이와 같은 레미콘의 품질환경을 감안할 때, 레미콘의 유동성 저하문제를 해결하기 위하여 다양한 대응책이 요구되는 시점에 있다. 우선 습식레미콘 생산체제를 유지하면서 이러한 문제에 대응하기 위한 방법으로는

① 레미콘제품이 한시성을 가진 상품이라는 점을 감안하여 버스전용차선의 이용을 허용함으로써 도심 내에서의 통행시간을 단축시키는 방안

② 레미콘공장마다 무선통신시스템을 정비하고, 건설현장의 교육홍보활동의 강화를 통하여 공사현장에서 레미콘차량이 다량으로 대기하는 사례를 감소시킴에 의하여 레미콘차량의 대기시간을 축소시키는 방안

등이 고려될 수가 있다.

그러나 버스전용차선에 대한 레미콘믹서트럭의 통행을 허용하는 것은 형평성의 문제 때문에 타 업종의 반발이 클 것으로 예상되며, 무선통신시스템은 대기시간을 단축하는데 어느 정도의 효과가 기대되며, 앞으로 시스템 구축이 기대되는 분야이나, 운반시간의 단축에는 기여하지 못하는 문제점이 있으며, 또한 현재 국내의 도심교통사정을 감안할 때, 실효성에 의문이 있다.

따라서 이와 같은 레미콘의 운반시간 증가에 따른 품질문제에 대처하기 위하여 제도적인 측면이 아니라 생산시스템 측면에서 고찰하면, 현재 미국, 영국, 동남아, 호주 등의 외국에서 적용되고 있는 트럭믹싱에 의한 건식 레미콘 생산방식을 검토해 볼 필요가 있으며, 특히 트럭믹싱 가운데서도 국토가 광대하여 운반시간이 길 경우에 적용하고 있는 드라이배칭(dry batching)에 의한 레미콘의 생산방식의 도입방안에 관하여 논의가 이루어질 필요성이 있다.

### 3.2 Dry batching에 의한 건식 레미콘 생산시스템 도입시의 예상효과

Dry Batching이란 이미 앞에서도 설명한 바와 같이 트럭믹싱에 의하여 레미콘을 생산함에 있어 운반시간이 길 경우에 적용하는 방법으로서, 레미콘플랜트에서 시멘트, 모래, 자갈 등의 건재료를 트럭믹서의 드럼내에 투입하여 공사현장까지 운반한

후, 트럭믹서내에 탑재되어 있는 물탱크 및 혼화제 탱크로부터 물과 혼화제를 드럼 내에 투입하여 공사현장에서 믹싱을 수행하여 레미콘을 공급하는 방식이다.

일반적으로 Dry batching에 의한 건식레미콘 생산방식을 도입할 경우의 기대효과로는 다음과 같은 사항을 들 수 있다.

- ① 운반거리 및 운반시간의 제약이 완화되기 때문에 레미콘의 공급범위 및 공급시간을 확대하는 것이 가능하다.
- ② 운반시간의 경과에 따른 레미콘의 슬럼프 저하, 공기량 감소 등 품질변동을 방지할 수 있다.
- ③ 공사현장에서 水量을 조절하는 것이 가능하므로 골재의 표면수 변동에 의한 슬럼프의 편차가 적다.
- ④ 적절한 작업성능을 확보함으로써 양질의 제품을 타설하는 것이 가능하며, 현장에서의 加水행위가 발생하는 것을 완화할 수 있다.
- ⑤ 폐레미콘의 발생량을 감소시킬 수 있다.(현재는 현장에서 품질시험에 불합격되어 공장으로 반품된 레미콘은 모두 폐기처분하도록 규정하고 있어 폐기콘크리트의 발생량이 매우 많은 상태이다.)
- ⑥ 한중(寒中)·서중(暑中)콘크리트의 품질문제에 효과적으로 대처하는 것이 가능하다.

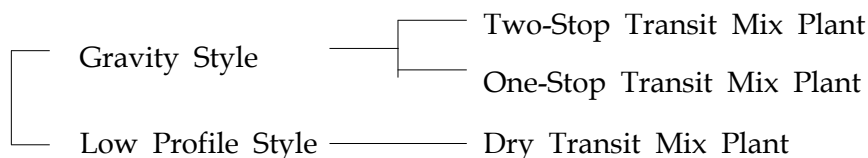


### Ⅲ. 건식 레미콘의 생산설비 및 생산기술

#### 1. 건식 레미콘 생산설비

##### 1.1 건식 레미콘 생산용 배치플랜트

습식 레미콘 생산용 플랜트와 건식 레미콘생산용 플랜트의 근본적인 차이점은 플랜트내에 콘크리트혼합용 고정식 믹서를 보유하고 있는가의 여부이다. 미국의 자료<sup>17</sup>에 의하면, 건식 레미콘 생산용 플랜트의 양식을 아래와 같이 분류하고 있다.



우선 형식에 의한 분류로는 플랜트를 구성하는 각 부분을 수직으로 적층시켜 구성하는 중력식(gravity style) 플랜트와 지형 기타 조건으로부터 골재계량부를 플랜트와 분리하여 설치한 Low Profile Style로 구분한다.

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

중력식 가운데 Two-Stop Transit Mix형태는 골재와 시멘트의 저장, 계량, 투입이 별도로 이루어지는 형태인데, 우선 골재와 물을 트럭믹서에 투입·적제한 후, 시멘트사이로에서 시멘트를 계량·투입하는 형태이다.

이에 비하여 One-Stop Transit Mix형태는 시멘트, 골재, 물을 모두 하나의 플랜트에서 일괄하여 트럭믹서에 계량·투입하는 형태이다. 이 형태 가운데는 물을 별도로 계량·투입하고, 건식재료, 즉 시멘트와 골재를 한데 모아 투입하는 'Dry Holding Hopper'를 가진 경우도 있다. Gravity Style의 Batching형태는 그림Ⅲ-1에 나타내었다.

<sup>17</sup> Robert W. Strehlow, Concrete Plant Production, CPMB, pp.37-58

1) Two-Stop Transit Mix

(일반형)

('Dry' Holding Hopper설치)

2) One-Stop Transit Mix

〈그림Ⅲ-1〉 Gravity Style의 건식레미콘 Batching 방식의 종류

### 1) 'Dry' Transit mix Plant

### 2) 'Dry' Transit mix Plant(Holding Hopper를 갖춘 경우)

#### 〈그림Ⅲ-2〉 Low Profile Style의 건식레미콘 Batching 방식의 종류

Low Profile 형태는 橫置式이라고도 하며, 골재를 지상 또는 지하의 빈(bin)에 설치하고, 그 하부에 계량조가 있으며, 계량이 완료된 골재를 벨트콘베이어를 통하여 트럭믹서에 투입하는 구조를 갖추고 있는데, Batching형태는 그림Ⅲ-2에 나타내었다. 또한 골재만을 벨트콘베이어에 운반하지 않고, 골재와 시멘트를 혼합하여 벨트콘베이어로 운반하는 설비를 갖춘 경우도 있다.

한편, 각각의 플랜트는 Double batch를 요구하는 Half-size batcher와 Single batch에 의한 Full size batcher로 구분된다. Double-batching이 일반적인데, 이 방식의 잇점은 배처플랜트의 규모가 작고, 설비비용이 낮으며, 두 번째 배치가 계량되는 동안에 트럭믹서내에서 먼저 투입된 절반의 배치에 대하여 용적축소(shrinking)를 가능하게 한다.

## 1.2 트럭믹서(truck mixer)

### 1.2.1 트럭믹서의 설비

Truck Mixer는 소정의 배합대로 시멘트, 물, 모래, 자갈을 각각 계량하여 Drum안에 투입한 후, 그 드럼을 회전시키는데 따라 혼합작업이 이루어진다.

트럭믹서는 콘크리트를 혼합하는데 필요한 물을 트럭의 샤시에 설치된 Tank(용량 500 ~ 2000ℓ)에 저장하고, 타설현장까지 주행하면서 시멘트, 모래, 자갈 등의 혼합물에 물을 주입하여 혼합하는 드라이 믹서(dry mixer)로 사용하는 방법도 있다. 이 드라이 믹서(dry mixer)는 콘크리트 플랜트에서 콘크리트 타설현장까지의 거리가 멀어서 주행시간이 길어질 때, 콘크리트의 품질 저하가 우려되는 경우에 적용한다.

현재 국내에서는 Truck Mixer가 사용되지 않고 있으나, 미국 및 유럽의 레미콘공장에서는 고정믹서를 설치하지 않은 배치플랜트도 많고, 레미콘의 비빔과 운반에 우리나라에서 사용하고 있는 경사형 Truck Agitator<sup>18</sup>과 동일한 외형의 운반차가 Truck Mixer로서 사용되고 있다.

이러한 Truck Mixer에 요구되는 성능은 운반차로서의 Truck Agitator의 기능 이외에 콘크리트재료, 즉 시멘트·골재·물 및 혼화재료를 균일하게 혼합하여 콘크리트를 제조할 수 있는 성능이 요구된다. 그리고 이러한 드라이배치(dry batch) 재료를 받아 건비빔하면서 현장까지 운반한 다음, Truck Mixer에 장착된 급수(給水)장치를 이용하여 소요의 물을 가한 후, 혼합하여 공급하는 기능이 필요하다.

트럭믹서를 믹서로서 사용할 경우, 드럼내 적재량은 트럭믹서를 에지테이터(agitator)로서 사용하는 경우에 비하여 80% 정도로 하는 것이 요구되며, 드럼회전수를 확인할 수 있도록 드럼회전계를 부착하는 등의 방법이 필요하다.

<sup>18</sup> 현재 국내에서 일반적으로 사용되고 있는 레미콘 운반장비는 대부분 콘크리트 배치플랜트(concrete batcher plant)에서 혼합된 콘크리트를 적재하여 타설현장까지 운반할 때 골재와 모르타(mortar)가 분리되거나 응결되는 것을 방지하기 위하여 교반하면서 운반하는 에지테이터(agitator)를 사용하고 있으며, 이것을 현재 국내에서는 통상 믹서트럭이라고 부르고 있는 경우도 있다.

트럭 에지테이터(truck agitator)는 배치플랜트(batcher plant)에서 적재한 콘크리트가 분리되지 않도록 교반하면서 주행할 수 있도록 만든 것으로서, 국내에서 일반적으로 사용되는 것은 믹서로서의 능력을 갖추고 있지 못하다. 일부는 날개(blade)를 개량하여 믹서로서의 능력을 가지게 한 것도 있는데, 이 경우에는 운반용량과 비교하여 혼합할 수 있는 콘크리트의 양이 적어진다. Truck agitator는 슬럼프 5cm 이하의 경우 콘크리트의 배출이 곤란하며, 또한 드럼에 콘크리트가 부착하는 문제점이 있다.

KS F 4009(레디믹스트 콘크리트)에서는 Truck agitator로 운반을 하였을 때, 적재한 콘크리트의 약 1/4과 3/4의 위치에서 시료를 채취, 시험을 실시하여 슬럼프의 차이가 3cm 이내가 되는 교반성능을 가지도록 규정하고 있다. 오늘날과 같은 기능을 갖춘 레미콘 운반차는 1926년 미국에서 처음으로 개발되었으며, 일본에서는 1952년부터 제작하기 시작하였다. 일본의 경우, 초기의 구동장치는 복잡한 기구에 의하여 재료의 투입, 교반 및 배출 등이 가능한 기계식이었고 1955년 후반에 들어 유압식이 개발되었다.

우리나라의 경우 처음에는 주로 3.5m<sup>3</sup> 용량의 트럭 에지테이터를 수입하여 사용해 왔다. 그러나 1978년부터 대형의 Truck agitator의 국산화가 이루어지면서 수송효율만을 고려하여 7.5m<sup>3</sup> 정도의 레미콘을 적재, 수송한 적이 있었으나 근래에는 도로사정 등을 고려하여 적재량의 한도를 6m<sup>3</sup>로 하고 있다.

트럭믹서가 에지테이터와 달리 믹서로서의 성능을 갖게되는 원인은 사진Ⅲ-1에서 볼 수 있듯이 드럼내의 블레이드(blade)가 매우 치밀하고, 드럼의 회전수로 볼 때, 에지테이터가 대략 7~10rpm이 최대이나, 트럭믹서의 경우는 혼합시 13~17rpm이 가능하여 고속회전에 의하여 콘크리트의 믹싱이 가능하게 된다.

〈표Ⅲ-1〉 외국산 트럭믹서의 일반적인 제원

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

주) CIFA(이탈리아), LIEBHERR(독일) 카다로그 참조

한편 트럭믹서에 특별히 설비되는 장치들로서는 다음과 같은 것을 들 수 있다.

① 비빔수를 저장할 수 있는 물탱크(water tank)

물탱크는 보통 레미콘의 배출후 드럼내부 및 호퍼의 세척을 위하여 필요한 물을 적재하기 위하여 190, 300, 500ℓ의 용량의 것이 표준적으로 장착된다. 그러나 특별히 트럭믹서로 사용할 경우는 옵션에 의해 2000ℓ까지 설비하는 것이 가능하다.

일반적으로 레미콘 6m<sup>3</sup>를 혼합하는데 사용되는 물은 1000~1200ℓ내외이다. 물탱크에 저장된 물은량은 항상 물탱크에 장착된 눈금자로서 측정하는 것이 가능하도록 되어 있다.

② 물공급장치(유량계 : water meter)

물탱크로부터 비빔수를 트럭의 드럼내에 투입하기 위하여 Water Pump가 필요하며, 이 경우 드럼에 투입되는 水量을 보다 정확히 측정하는 것이 가능하도록 하기 위하여 유량계가 장착된다.

(Truck Agitator)

(Truck Mixer : 일반)

(Truck Mixer : Dry batching用)

〈그림Ⅲ-3〉 Truck Agitator와 Truck Mixer의 드럼구조 비교

[Single-Lever Control]

[Liquid Additive Tank]

[Drum Revolution Counter]

[Water Supply System]

〈사진Ⅲ-1〉 트럭믹서에 도입되는 특수한 설비

③ 혼화제 탱크(liquid additive tank)

트럭믹서내로 혼화제의 직접 투입이 가능하도록 혼화제탱크를 설비하여야 한다. 혼화제탱크는 옵션에 의해 종류별로 분리하여 설치될 수 있으며, 용량은 대개 35 ~ 80ℓ정도이고, 공기압에 의하여 주입된다.

④ 싱글레버(single-lever)

트럭샤시의 후부에 장착된 싱글레버는 매우 단순한 장치로서 믹서드럼스피드와 방향을 지속적으로 조절하는 것을 가능하도록 해준다.

⑤ 드럼회전계(drum revolution counter)

트럭믹서의 드럼에 의하여 혼합을 할 경우에는 드럼의 회전속도와 회전수를 측정하는 것이 필수적이기 때문에 드럼회전계(drum revolution counter)를 장착하여야 하며, 경우에 따라서는 드럼속도계(drum speedometer)를 설비하는 경우도 있다.

(일반 Truck mixer)

(Dry batching用 Truck mixer)

<사진Ⅲ-2> 일반 Truck mixer와 Dry batching用 Truck mixer

### 1.2.2 트럭믹서의 분류

Truck Mixer는 형식으로 보아 크게 경사동형(傾斜胴形), 상부개방형, 수평동형으로 크게 나뉘어진다. 최근에 많이 쓰여지고 있는 것은 경사동형으로서 호퍼(hopper) 개구부 상부에 회전축이 경사져 있고, 드럼내부에 스파이럴(spiral) 모양의 날개를 두어 호퍼를 통하여 받은 재료를 깊숙히 보내게 되므로 중앙부에서 혼합되도록 되어 있다. 배출시에는 드럼을 역으로 회전함으로써 개구부로 배출하게 된다.



경사형 Truck Mixer는 드럼의 회전운동을 트럭엔진으로 하는 것과 독립된 엔진을 이용하는 두종류가 있는데, 前者는 트랜스미션, 프라이필, 크랭크축 전단에서 회전 구동력을 취하는 구조이며, 後者는 독립된 엔진으로 공차중량을 현저하게 줄이고 적재량을 크게할 수 있는 장점이 있다.

동력의 전달방식에 있어서는 기계식과 유압식이 있으나 최근에는 대부분이 유압식을 사용하고 있으며, 혼합용량은 3m<sup>3</sup>에서 현재는 7m<sup>3</sup>용량까지 생산되고 있으며 외국에서는 10m<sup>3</sup>용량의 Truck Mixer까지 개발되고 있다.

상부 개방식은 콘크리트재료를 상부개구에 투입하고 드럼내에 설치된 날개를 회전시켜 혼합작업을 하고 드럼저부의 문을 열어 콘크리트를 배출시키는 방식이다. 또한 수평동형은 낮은 슬럼프의 콘크리트운반에 용이하나 취급이 번잡하여 터널공사와 같은 특수한 공사에만 사용되고 있다.

한편 배출방식에 의할 때, Truck Mixer는 전통적인 후방배출유닛(rear discharge unit)과 근간 새롭게 등장한 전방배출유닛(front discharge unit)의 두 종류가 오늘날 일반적으로 사용되고 있다.

전방배출유닛은 특수한 트럭샤시(chassis)를 필요로 하고, 후방배출유닛에 비하여 훨씬 비싼 유닛으로 구성되는 경향이 있다. 후방배출유닛과 마찬가지로, 믹서는 다양한 상태의 트럭중량규정에 적응하기 위하여 트럭샤시위에서 보다 쉽게 위치를 정할 수 있다.

많은 계약자들은 전방배출유닛을 더 선호한다. 이것은 트럭운전수가 시공업자로부터 유도지시를 받지 않은 채 현장안으로 운전할 수 있고, 슈트(chute)동작을 조절하고, 트럭운전석을 떠나지 않고 콘크리트를 배출하는 것이 가능하기 때문이다.

전방배출유닛은 후방배출유닛보다 두 가지의 주요한 이유 때문에 훨씬 많은 총드럼용적을 가지는 경향이 있다. 우선 전방배출유닛은 급정거시 콘크리트를 더욱 옆지르기 쉽고, 트럭운전석 위에 확장된 실린더형 단면은 콘크리트의 믹싱측면에서 상대적으로 효과가 저하되는 경향이 있다. 그 결과, 제조업자가 제시하는 믹싱용량(rated mixing capacity)은 총드럼용적의 절반보다 작게 된다.

### 1.2.3 트럭믹서의 유지보수관리

한편, ASTM C 94에서는 믹서내에서 경화된 잔여 콘크리트를 제거하기 위하여 정기적으로 조사하도록 요구하고 있다. 일반적으로 블레이드의 마모 혹은 믹서 내

에서의 잔여콘크리트의 부착은 믹싱의 균질성에 유의할만하게 큰 영향을 주며, 배출성능도 비교적 낮은 슬럼프의 콘크리트에서 유의할만하게 저하하게 된다.

한편 트럭믹서의 수명을 가능한 한 길게 하기 위해서는 드럼을 반드시 낮은 속도로 회전하게 하고 차량을 운행하는 것이 요구되며, 차량 운행시 가능하면 드럼의 회전을 정지시키는 것이 필요하다.

나선형 블레이드는 드럼의 사용기간과 혼합물의 성분에 좌우되어 마모가 이루어진다. 일반적으로 드럼 중심부의 마모가 가장 크다. 블레이드 끝이 칼날처럼 예리해져 블레이드에 금이 생길 수도 있는데, 이 금은 드럼의 표면까지 영향을 미칠 수 있고, 또한 블레이드의 한 부분이 쪼개질 위험이 있다. 이 위험을 방지하기 위하여, 금이 간 블레이드 끝을 때때로 잘라버리고 나어지 갈라진 금은 용접을 하여야 한다.

트럭믹서드럼의 블레이드(blade) 마모가 계속될 경우, 철판밑에 더 새로운 소모방지용 철판을 용접할 수 있다. 이 때 나선형 블레이드의 끝을 균일하게 할 필요는 없다. 이와 같은 방법으로 나선형 블레이드는 그 혼합기능과 드럼을 비우는 기능을 상실함이 없이 블레이드가 약 250mm까지 마모될 때까지 사용할 수 있다.

## 2. 트럭믹서에 의한 건식 레미콘 생산 프로세스

트럭믹싱은 매치플랜트에서 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 정지시킨 채 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.

## 2.1 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 A방법을 많이 사용하나 플랜트설비에 따라서는 B방법을 이용하기도 한다.

트럭믹서의 드럼내에 혼합물이 적재될 때에는, 제조업자에 의하여 설계된 속도로 드럼회전을 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水の 취급에 특별히 주의를 기울여야만 한다. 일반적으로 비빔수의 1/4에서 1/3 정도가 모든 다른 혼합물들이 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 혼합물과 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 물게 희석해야 한다.

어느 경우에는든 완전한 믹싱을 얻기 위하여 트럭드럼믹서내에 투입되는 모든 혼입 물의 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 규정하고 있다. 슬럼프의 손실비율은 콘크리트의 온도, 시멘트의 특성, 사용된 혼화제 등과 같은 다양한 요인들에 의존한다.<sup>19</sup> 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 더하

<sup>19</sup> 여기에 대하여 참조할만한 문헌은 다음과 같은 것이 있다.

Ravina, D., 'Retempering a prolonged-mixed concrete with admixture in hot weather' Journal, American Concrete Institute, Vol. 72, No. 6, June 1975, pp.291-295

Beaufait, F. W. and Hoadley, P. G., 'Mix time and retempering studies on ready mixed concrete' Journal, American Concrete Institute, Vol. 70, No. 12, Dec. 1973, p.810; and Discussion, Journal, American Concrete Institute, Vol. 73, No. 4, April 1976, p.233.

고, 추가되는 물이 콘크리트와 적절히 혼합되도록 추가로 소정의 혼합속도로써 부가적으로 드럼회전을 하는 것이 필요하다. NRMCA(National ready-Mixed Concrete Association)에서는 만약 이 경우 믹싱속도가 15rpm보다 낮다면 약 30회전이 필요한 것으로 제안하고 있으며, 믹싱속도가 22~25rpm이라면 5~10회전으로도 충분한 것으로 보고하고 있다.<sup>20</sup> 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.<sup>21</sup>

## 2.2 트럭믹서에 의한 혼합

모든 재료가 완전히 적재된 후에는 정상적인 조건하에서 혼합을 완료하기 위하여 混合速度<sup>22</sup>로서 70~100회전을 통하여 드럼회전을 실시하여야 한다. 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 적제했느냐에 따라 콘크리트는 혼합이 지속되는 가운데서도 건조한 상태, 축축한 상태 혹은 골재 또는 모래가 제대

<sup>20</sup> 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

<sup>21</sup> 90분이라는 시간한계는 시방에서 가장 논쟁적인 요소가 되고 있는 규정중의 하나이다. 최근 현장에서 타설이 허용될 수 있을 정도로 슬럼프가 유지되는 한, 그리고 물이 추가로 투입되지 않는 한, 콘크리트가 사용될 수 있다는 규정과 함께 90분이라는 시간한도를 폐지하려는 시도가 이루어져 왔다. 현장 또는 실험실에서의 실험결과를 살펴보면, 물이 추가되지 않았을 때, 콘크리트강도가 시간과 더불어 증가되는 경향을 보인다는 것이 증명되었다. 그리고 90분이라는 시간제한은 콘크리트온도가 약 70°F(21°C)보다 낮을 때 보존할 만하다. 더 높은 온도에서는 그 시간제한은 현장도착후의 조정 후에, 물의 추가가 금지될 수 있는가의 관계에 의하여 판단되는 것이 바람직하다. 또한 근년에 드럼의 300회전 한계는 성능이 우수한 고성능감수제가 현장에서 첨가되면서 어려움이 나타났다. 콘크리트의 슬럼프가 규정되어 있고, 고성능감수제(high-range water reducer)의 첨가전과 첨가후에 시험이 이루어진다면 그러한 어려움이 발생하기 쉽게 된다. 이렇게 될 때, 고성능감수제는 최대 슬럼프를 초과하거나, 많은 드럼회전이 누적되는 것을 피하기 위하여 약간의 첨가량 증가에 있어서도 주의가 필요하다.

<sup>22</sup> 혼합속도란 일반적으로 트럭믹서의 드럼회전수의 rpm이 7-13정도인 것을 말한다. 외국의 트럭믹서 가운데는 17rpm까지 가능한 경우가 존재한다.

로 혼합되지 않는 상태가 보일 수도 있으므로, 계속 혼합을 하면서 콘크리트의 농도가 균일할 때 까지 관찰해야 한다.

믹서의 드럼이 100회전을 했는데도 콘크리트이 농도가 만족할 정도가 되지 못할 경우에는 다른 원인을 찾아 보아야 한다. 즉, 혼합을 하는 블레이드(blade)가 많이 마모됐다는가, 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 혼합 원료를 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 攪搬速度<sup>23</sup>로 감소시키던가 혹은 정지시켜야 한다. 배출 직전에는 정제되어 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 鍊磨(grinding), 슬럼프로스(slump loss), 믹서의 마모, 더운 날씨에서 콘크리트에 대한 바람직하지 못한 영향때문에 규정하고 있는 것이다.

## 2.3 교반 및 배출

### 1) 교반

투입 또는 혼합후에는 엔진회전을 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 주행한 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 불안정하여 주행안정성을 유지할 수 없게 된다. 대기를 위한 일시정차의 경우에

<sup>23</sup> 교반속도란 일반적으로 트럭믹서의 드럼회전수의 rpm이 2-6정도인 것을 말한다.

도 드럼은 교반주행과 같이 완속 회전을 계속한다.

## 2) 배출

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 드럼회전수는 타설현장 사정에 따라 가감한다.

## 2.4 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 Mixer안에서 공사현장까지 운반되고, 비빔수는 트럭에 적재된 별도의 분리된 탱크로 운반된다. 그런데 시멘트와 습윤상태의 골재가 서로 접촉할 때, 골재중의 자유수(free moisture)가 약간의 시멘트의 수화(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 회전과 함께, 혼합을 보다 용이하고 균질하게 하기 위하여 드럼의 전면과 후면의 양쪽에서 압력을 통하여 투입하는 것이 바람직하며, 비빔은 대개 Truck Mixer에 요구되는 70~100회전으로 완결된다.

## IV. 건식 레미콘 생산시스템의 도입방안

### 1. 건식 레미콘 도입에 대한 레미콘 및 건설업체 인식도 조사<sup>24</sup>

건식레미콘 생산시스템의 인지도에 대하여는 건설업체 및 레미콘업체 모두 약간 안다는 경향이 우세하였다.(표IV-1)

건식레미콘의 도입의 필요성에 대하여는 건설업체의 경우 도입하는 것이 바람직하다는 편이 70.7%로 높게 나타났으나, 레미콘업체의 경우 도입하지 않는 것을 선호(63.3%)하는 것으로 나타나 상반된 입장을 보이고 있었다.(표IV-2)

도입하는 것이 바람직하지 않은 이유에 대하여는 건설업체 및 레미콘업체 공히 습식보다 품질이 저하된다는 점을 가장 큰 요인으로 꼽고 있어 건식레미콘의 품질에 대하여 회의적인 반응을 나타내는 응답이 많았으며, 이외에 추가 설비비가 필요하다는 것이 주요 요인으로 지적되었다.(표IV-3) 반면 건식레미콘이 도입되어야 할 필요성에 대하여는 운반시간의 지연에 따른 품질변동을 억제하고자 하는 응답이 가장 높게 나타났다.(표IV-4)

건식레미콘 도입시의 문제점으로는 경제적인 측면에서의 어려움보다도 기술적인 측면에서의 어려움을 지적하는 비율이 높았는데(표IV-5), 이는 건식레미콘 생산방식이 아직 건설업체와 레미콘업체 공히 경험해보지 못한 경우가 많다는 점이 크게 작용한 것으로 판단된다. 건설업체에서는 물의 계량·투입 등에 있어서 품질문제가 발생할 것으로 판단하고 있었으며, 레미콘업체에서는 현행의 습식플랜트생산보다 레미콘의 균질한 비빔이 어려울 것으로 보는 경향이 우세하였다.

한편, 건식레미콘 생산시스템을 제도적인 측면에서 불가피하게 도입할 경우에는 건설업체와 레미콘업체 공히 전면적인 도입보다는 운반시간이 90분 이상 경과되는 경우에 한하는 등 부분적인 도입을 선호하고 있는 것으로 나타났다.(표IV-6)

<sup>24</sup> 설문조사의 내역에 대하여는 II장 2.4절 참조



〈표Ⅳ-1〉 건설 레미콘 생산시스템 인지도 여부

	건설업계		레미콘업계	
	업체수	비율(%)	업체수	비율(%)
잘 안다	18	15.5	38	33.6
약간 안다	60	51.7	51	45.1
들어본 적이 없다	35	30.2	23	20.4
전혀 모른다	3	2.6	1	0.9

〈표Ⅳ-2〉건설레미콘 생산시스템의 도입에 대한 의견

	건설업계		레미콘업계	
	업체수	비율(%)	업체수	비율(%)
도입하지 않는 것이 바람직	12	10.3	69	63.3
도입하는 것이 바람직	82	70.7	19	17.4
어느 쪽도 무방	22	19.0	21	19.3

〈표Ⅳ-3〉 건설레미콘생산시스템의 도입반대 이유

	건설업계		레미콘업계	
	업체수	비율(%)	업체수	비율(%)
레미콘 시장의 경쟁 심화	7	18.4	11	14.1
습식과 비교하여 품질의 큰 차이가 없다	4	10.5	10	12.8
습식보다 품질이 저하됨	14	36.8	29	37.2
추가 설비비	13	34.2	28	35.9

〈표Ⅳ-4〉 건설레미콘생산시스템의 도입찬성 이유

	건설업계		레미콘업계	
	업체수	비율(%)	업체수	비율(%)
레미콘의 품질 확보	44	43.1	11	18.6
운반시간지연에 따른 품질변동에 대응	50	49.0	31	52.5
레미콘에 대한 가수행위 방지	7	6.9	8	13.6
품질검사 불합격률의 최소화	1	1.0	7	11.9
건설업체의 자체플랜트에 대응	-	-	2	3.4

〈표Ⅳ-5〉 건식레미콘 도입시의 문제점

	건설업계		레미콘업계	
	업체수	비율(%)	업체수	비율(%)
현장에서의 믹서트럭에 의한 비빔에 따른 소음 등 공해문제	4	3.4	1	0.9
레미콘의 규질한 비빔이 어려움	36	31.0	46	42.6
레미콘 시장의 혼란 및 과당경쟁	5	4.3	8	7.4
물의 계량, 투입 등 기술적인 문제에 의한 품질불량발생	71	61.2	53	49.1

〈표Ⅳ-6〉 건식레미콘 생산시스템의 도입방안

	건설업계		레미콘업계	
	업체수	비율(%)	업체수	비율(%)
모든 생산과 공급에 전면도입	4	3.4	7	6.2
부분적인 도입이 바람직	90	77.6	58	51.3
생산방식의 선택을 업계의 자율에 맡김	22	19.0	45	39.8
기 타	—	—	3	2.7

## 2. 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 드럼회전의 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

트랜짓믹스트콘크리트에 있어서 Truck Mixer운전자는 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 배처플랜트에서 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.

### 3. 건식레미콘 생산시스템의 도입방안 및 과제

#### 3.1 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 콘크리트타설현장까지의 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.

### 3.2 건식 레미콘의 실용화를 위한 선결과제

1) 경제성 측면은 초기설비투자 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 배치량을 생산하는데 있어 믹서이용시간이 약 2~3배 가량 증대된다. 이는 건비빔 재료가 믹서내에서 트럭믹서의 드럼으로 투입되는데 시간이 소요되기 때문이다.

③ 신규 레미콘회사에서 전적으로 건식방식을 채용할 경우, 배치플랜트 설치비용은 감소하나 트럭믹서의 구입비용이 증대하게 된다.

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

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

국내의 배치플랜트 생산업체인 H사에 따르면, 이러한 건식레미콘 생산용 배치플랜트는 설계에서 생산단계까지 약 2년 이상 소요되며, 가격은 현행 배치플랜트보다 다소 낮을 것으로 전망하고 있다. 또한 조기에 건식레미콘 생산시스템을 도입하기 위해서는 배치플랜트를 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 Agitator을 Truck Mixer로 바꾸어야 한다. 이러한 Truck Mixer에 요구되는 성능 및 조건으로는

- Truck Agitator을 사용하는 경우에 비하여 드럼 적재량을 80% 정도로 하는 것

이 요구되며

- 비빔수를 믹서트럭에 적재할 수 있는 탱크(2000ℓ규모)를 장착하여야 하고
- 운반도중에 비빔수의 계량과 주입이 가능하여야 하며
- 동체(胴體)의 회전에 의해 유효한 비빔성능을 가진 경사형 드럼(믹서)을 장착하여야 하며,
- 드럼의 회전수를 확인할 수 있도록 드럼회전계를 부착하여야 하고
- 드럼내 블레이드의 간격이 좁고, 강한 내마모성을 가져야 하며
- 현행 Truck Agitator은 rpm이 10내외로서 비빔성능이 떨어지나, Truck Mixer는 유압에 의한 드럼구동방식으로서 rpm 14-17 내외의 드럼회전이 가능하여야 한다.

물론, 현행의 Truck Agitator을 Truck Mixer로 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 Agitator과 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 Mixer에 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 산업표준심의위원회의 심의기간이 소요되므로 최소한 1~2년은 소요될 것으로 예측된다.

5) 건식레미콘은 공장에서 품질을 관리하는 것이 아니고, 건설현장 또는 운반도중

에 Truck Mixer 운전자에 의해 물과 혼화제를 가하여 믹싱을 하여야 하므로 운반 도중 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 제조기술개발 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 실험결과들이 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(25mm, 40mm)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 있는데, 본 연구에서는 이러한 경제적인 분석은 제외하였으나, 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水を 계량·투입할 수 있는 장치와 이를 조작·운전할 수 있는 기술자가 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 2종의 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 시장질서에 혼란이 야기될 우려가 있다. 따라서 업체간의 과당 경쟁으로 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.



#### 4. 건식 레미콘의 도입을 위한 KS규격의 개정(안)

한국산업규격 레디믹스트 콘크리트(KS F 4009-94)는 현재 습식생산을 규정하고 있어, 건식 레미콘의 생산을 위하여는 개정의 필요성이 있다.

KS F 4009는 1.적용범위, 2.재료, 3.종류, 4.품질, 5.용적, 6.배합, 7.제조, 8.시험방법, 9.검사, 10.보고의 10절로 구성되어 있는데, 이 가운데 특히 개정이 요구되는 부분은 「7. 제조」 부분이다. 여기서는 KS F 4009에서 7절 제조부분의 개정안을 제안하고자 한다.

현 행	개 정(안)
<p>7. 제 조</p> <p>7.1 제조설비</p> <p>7.1.1 재료 저장 설비(생략)</p> <p>7.1.2 배치 플랜트(생략)</p> <p>7.1.3 믹서 : 믹서는 다음과 같이 한다.</p> <p>(1) 믹서는 고정 믹서로 한다.</p> <p>(2) 믹서는 소정 슬럼프의 콘크리트를 7.3.2에 따라 규정한 용량으로 혼합할 때 각 재료를 충분히 혼합시켜 균일한 상태로 배출할 수 있는 것이어야 한다.<sup>(4)</sup></p> <p>주<sup>(4)</sup> 믹서는 소정 용량을 소정 시간에 혼합하여 KS F 2455(믹서로 비빈 콘크리트 중의 모르타르와 굵은 골재량의 변화율(차) 시험방법)에 따라 시험한 값이 아래에 표시한 값 이하이면 콘크리트를 균등하게 혼합시킬 성능을 갖고 있다고 생각해도 좋다.</p> <p>- 콘크리트중의 모르타르와 단위용적중량의 차 ..... 0.8 %</p> <p>- 콘크리트중의 단위 굵은골재량의 차 ..... 5 %</p>	<p>7.1.3 믹서 : 믹서는 다음과 같이 한다.</p> <p>(1) 믹서는 배치플랜트내에 설치하는 고정 믹서(stationary mixer) 혹은 트럭믹서로 한다.</p> <p>(2) 고정믹서는 -----</p> <p>-----</p> <p>(3) 트럭믹서가 믹서로 사용될 경우는 다음과 같은 성능 및 설비를 갖추어야 한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 동체(胴體)의 회전에 의해 유효한 회전수와 비빔성능을 가진 경사형 드럼(믹서)을 장착하여야 한다.</li> <li>▪ 운반도중에 비빔수와 혼화제의 계량과 주입이 가능하도록 트럭에 물탱크(2000ℓ규모) 및 혼화제탱크와 유량계를 설치하여야 한다.</li> <li>▪ 드럼의 회전수를 확인할 수 있도록 드럼회전계를 부착하여야 한다.</li> </ul>

현행	개정(안)
<p>7.1.4 운반차 : 운반차는 다음과 같이 한다.</p> <p>(1) 콘크리트 운반차는 트럭 믹서 또는 트럭 애지테이터를 사용한다. 운반차는 혼합한 콘크리트를 충분히 균일하게 유지하고 재료 분리를 일으키지 않고 쉽고도 완전하게 배출할 수 있는 것이어야 하며, 콘크리트의 1/4과 3/4의 부분에서 각각 시료를 채취<sup>(5)</sup>하여 슬럼프 시험을 하였을 경우, 양쪽의 슬럼프의 차가 3cm이내가 되는 것이어야 한다.</p> <p>주<sup>(5)</sup> 이 경우에는 출하되는 콘크리트 흐름의 개개 부분의 전단면을 끊도록 하여 시료를 채취한다.</p> <p>(2) 덤프트럭은 슬럼프 2.5cm의 콘크리트를 운반하는 경우에 한하여 사용할 수 있다. 덤프트럭의 적재함 바닥은 평활하고 방수적인 것으로 하고 필요에 따라 비바람 등에 대한 보호를 위해 방수 덮개를 갖춘 것으로 한다.</p> <p>7.2 재료의 계량(생략)</p> <p>7.3 혼합</p> <p>7.3.1 레디믹스트 콘크리트는 7.1.3에 규정하는 믹서로 공장 내에서 균일하게 혼합한다.</p> <p>7.3.2 콘크리트의 혼합량 및 혼합시간은 KS F 2455에서 규정한 시험을 하여 결정하는 것으로 한다.</p> <p>7.4 운반(생략)</p> <p>7.5 품질관리(생략)</p>	<p>7.1.4 운반차 : 운반차는 다음과 같이 한다.</p> <p>(1) ----- ----- 3cm이내가 되는 것이어야 한다. 콘크리트운반차에 의하여 운반되는 양은 트럭믹서 및 트럭애지테이터 공히 드럼용량의 80% 이하로 하며, 트럭믹서가 믹서로서 사용될 경우는 드럼용적의 63% 이하로 한다.</p> <p>(중략)</p> <p>7.3 혼합</p> <p>7.3.1 레디믹스트콘크리트는 아래 방법의 조합가운데 하나를 사용하여 수요자가 요구한 사양에 맞게 혼합하여 공급되어야 한다.</p> <p>(1) 센트럴믹스트 콘크리트 (2) 쉬링크믹스트 콘크리트 (3) 트럭믹스트 콘크리트 (4) 드라이벳치 콘크리트</p> <p>7.3.2 배치플랜트의 고정믹서를 사용하여 혼합을 행할 경우 콘크리트의 -----</p> <p>7.3.3 혼합에서 타설완료까지의 시간이 90분을 초과할 것으로 예상될 경우는 트럭믹서에 의하여 건식배합(드라이벳치)방식을 사용하여 혼합을 행하도록 한다. 그렇지 못할 경우 지연제 또는 고성능감수제의 사용 등을 통하여 유동성 저하를 방지할 수 있는 조치를 강구하여야 한다.</p> <p>7.3.4 트럭믹서에 의하여 콘크리트의 혼합을 행하는 경우는 70~100회전을 표준으로 하며, 300회전을 넘지 않도록 한다.</p>

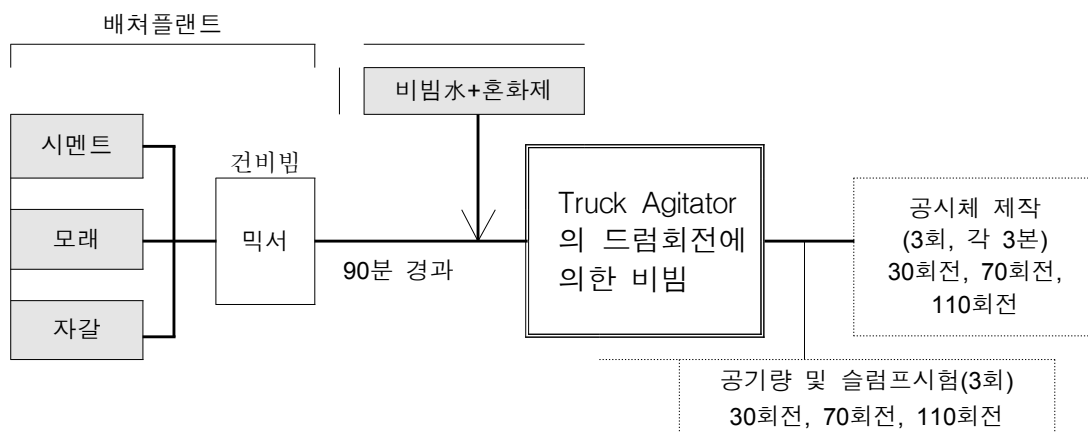
## V. 건식 레미콘 생산 실험

### 1. 현행 습식레미콘 생산장비를 이용한 건식레미콘 생산실험(1차실험)

#### 1.1 실험목적 및 실험방법

실험은 현행의 습식 레미콘 생산용 Batcher Plant 및 Agitator Truck을 이용하여 Dry Process하에서 레미콘의 시험생산을 통하여 건식 레미콘의 생산가능성 및 품질 성능여부를 究明하기 위하여 실시하였다. 실험장소는 S사 H사업소이었으며, 실험은 아래의 프로세스에 의거하여 실시하였다.

- ① Batcher Plant내 재료(시멘트, 조골재, 세골재) 계량
- ② Batcher Plant내 Mixer에서 Dry mixing : 20초(1회당 1.5m<sup>3</sup>, 총 3m<sup>3</sup>)
- ③ Truck Agitator에 건비빔 레미콘 투입
- ④ 90분간 가상 운행
- ⑤ Truck Agitator의 Drum내에 물 및 혼화제(AE감수제) 투입
  - 기존의 습식 레미콘 생산용 배척플랜트시설 이용
  - 비빔水量은 미리 습윤상태 골재의 含水率을 측정하여 補正
- ⑥ Truck Agitator의 Drum 회전, Mixing 실시
- ⑦ 30, 70, 110회전마다 3회 레미콘시료 배출
- ⑧ Slump Test 및 공기량 Test, 압축강도 시험용 공시체(3본) 제작
- ⑨ 110회전후 Slump를 측정하여 허용치를 벗어날 경우 水量 추가투입, 시험반복



〈그림 V-1〉 건식 레미콘 1차 실험의 PROCESS

## 1.2 실험계획

건식레미콘 실험계획은 표 V-1과 같이 레미콘 생산규격은 현재 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 25-210-12규격<sup>25</sup>으로 하였으며, 레미콘의 배합은 시방배합에 골재 표면수를 측정하여 표 V-2와 같이 결정하였다.

〈표 V-1〉 건식레미콘 1차 실험계획표

생산방식 구분	레미콘 생산규격	골재 조건	Mixing 용량	A/T Drum속도		Test 항목			
				운반 도중	Drum 비빔	Slump	공기량	압축강도	
								Mold 성형시기	측정 시기
Dry Process	25-210-12	습윤 상태	3m <sup>3</sup> (1.5m <sup>3</sup> ×2회)	-	rpm 10-11	타설배출시 마다 1회 측정		타설 배출시 1회 3분 성형	1주

주) 골재의 함수율에 따라 水量 보정

〈표 V-2〉 건식레미콘 생산 배합설계

	배 합			공기량 (%)	W/C (%)	S/A (%)	단위재료량(kg/m <sup>3</sup> )					
	G	F.	sl				G	S	C	W	AD	계
시방배합	25	210	12	4.5+1.5	54.6	45.9	978	814	333	182	0.50	2,308
현장배합	25	210	12	4.5+1.5	54.6	45.9	983	842	333	149	1.50	2,308

## 1.3 실험결과의 분석

건식레미콘은 습식생산과 동일한 배합으로 생산하였는데, 실험결과를 보면 동일한 배합조건하에서 에지테이터를 사용하여 건식레미콘을 생산하는 경우에는 습식에 비하여 슬럼프 및 공기량이 크게 떨어지는 것으로 나타났다.

ASTM에서는 건식배합의 경우 드럼회전수로서 70~120회전을 표준으로 하고 있는데, 본 실험결과, 110회전을 한 후 슬럼프를 측정한 결과, 6Cm로 나타나 배합의 목표슬럼프인 12Cm에 크게 미달되는 현상을 나타내었다.

<sup>25</sup> 레미콘생산규격은 일반적으로 조골재(자갈)최대치수-호칭강도(nominal strength)-슬럼프(slump)의 조합으로 표시한다.

공기량은 110회전의 경우 2.9%로 나타나 레디믹스트콘크리트의 KS F4009규격에 규정하고 있는 4.5%에 미달하였고, 허용오차인 1.5% 범위에 들어가지 못하였다.

원래 단위水량이 182kg이었으나, 여기에 水량을 60kg을 추가하여 총 단위水량을 242kg으로 하여 유동성을 증진시켰을 경우, 슬럼프는 10.5Cm, 공기량은 3.3%로 나타나 허용치 한계에 들어왔다.

이러한 실험결과로 판단할 때, 현행의 트럭에지테이터를 사용하여 건식레미콘을 생산하는 경우는 습식레미콘과 동일한 배합으로 생산하는 것이 불가능하며, 건식생산에 따른 배합설계를 다시 행할 필요가 있다고 사료된다.

습식생산방식과 동일한 배합으로 레미콘을 생산할 경우, 슬럼프의 저하현상이 나타난 원인은 여러 가지로 고찰될 수 있으나, 실험편차에 의한 것으로 볼 때는 건비빔된 재료에 물을 추가로 투입하는 과정에서 水량이 드럼의 하부에 집중되어 배출시료의 경우 물시멘트비가 낮은 콘크리트가 배출되었을 확률이 있다. 현장배합조건을 살펴보면 細·粗骨材중에 水량이 33kg이 포함된 것으로 보아 182kg에서 149kg으로 조정하였는데, Truck Mixer내에서 시멘트와 골재를 90분간 건비빔된 상태로 방치하는 상태에서, 골재중에 포함된 수분이 시멘트와 결합됨으로써, 골재중에 포함된 것으로 計上하였던 30kg 이상의 물이 유동성의 증진에 작용하지 못한 것으로 사료된다.

또한 트럭에지테이터의 드럼에 의한 비빔의 경우, 고정믹서에 의한 비빔에 비하여 믹싱의 효율이 크게 떨어지기 때문에 균질한 비빔이 이루어지지 못하여 슬럼프가 저하될 가능성이 있는 것으로 사료된다. 그러나 실험편차가 없다는 가정하에서는 습식과 동일한 슬럼프 및 공기량을 확보하기 위하여는 트럭에지테이터를 사용하여 건식을 생산할 경우에는 약 30% 가량 單位水량이 증가된다고 할 수 있다.

한편, 건식레미콘의 강도는 습식에 비하여 동일한 배합에서 20% 이상 높게 나타났다.(습식 90분 경과후 시험, 건식 90분 경과 110회전 시험 비교) 그런데 이는 동일한 배합조건이라고 하더라도 슬럼프가 다른 상태(습식 13Cm, 건식 6.0Cm)이었으므로 직접적인 비교는 곤란하다고 할 수 있다.

그러나 水량을 60kg 추가하여 슬럼프를 비슷하게 유지하였을 경우에도, 물시멘트비가 증가하였음에도 불구하고 압축강도가 20%이상 증가된 것으로 나타나 본 실험 결과만을 대상으로 할 때는 건식의 경우가 습식보다 강도가 증진되는 것으로 사료된다.

〈표 V-3〉 Truck agitator를 이용한 건식레미콘 생산실험결과

드럼회전 시험항목		30회전	70회전	110회전	水量30kg추가	水量60kg추가
슬럼프(Cm)		4.5	6.0	6.0	9.0	10.5
공기량(%)		2.5	2.8	2.9	3.7	3.3
압축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	7일	212	233	223	215	209
	28일 (추정)	328	355	342	332	325

주) 28일 강도의 추정은  $\sigma_{28} = \sigma_7 + 8\sqrt{\sigma_7}$  (최신콘크리트공학, p.315)에 의하여 추정

그러나 이는 슬럼프 및 공기량 시험결과 분석에서 언급하였듯이 시료채취에 따른 문제가 내재하고 있는 것에 대하여는 해명이 어려우며, 따라서 차후 지속적인 실험 연구가 진행되어야 그 경향을 판단할 수 있을 것으로 사료된다.

건식생산에 의한 레미콘의 강도가 증진되는 경향을 이론적으로 살펴보면, 건비빔 과정에서 시멘트와 수분의 흡착으로 이것이 코팅효과를 가져와 시멘트매트릭스의 부착강도를 증진시킴으로써 강도증진에 기여할 수 있을 것으로 사료되나, 이 부분에 대하여도 다양한 실험이 후행되어야 할 것이다.

## 2. Truck Mixer를 사용한 건식레미콘 생산실험(2차실험)

### 2.1 실험목적 및 실험내용

#### 1) 실험의 목적

본 실험은 Dry Process하에서 레미콘의 시험생산을 통하여 건식 레미콘의 생산가능성 및 품질성능여부를 究明하기 위한 것이다. 실험장소는 H사 P공장이었다.

#### 2) 실험내용 및 방법

DRY PROCESS하에서 레미콘을 생산할 경우, 건식 레미콘의 생산 가능성을 규명하고, 습식과 동일한 품질(슬럼프, 공기량, 압축강도)의 레미콘을 생산하기 위한 건식레미콘의 배합변동(특히 물시멘트비)에 관한 실험이다.

배합방법은 건식 생산시스템에 의해 레미콘 생산시 품질변동현상 규명하기 위하여 기존의 습식레미콘 배합과 동일한 배합에 의거, 레미콘을 생산하였다.

〈표 V-4〉 건식레미콘 2차 실험의 수준 및 TEST항목

구분		믹싱 용량	드럼 교반 속도	Test 항목				
				측정시기	Slump	공기량	압축강도	
							공시체 성형방법	강도 시험
예비 실험	25-210-12	2m <sup>3</sup>	12rpm 이상	드럼 100회전 직후	최초 배출시 1회 측정		없음	
본실험	25-210-12	2m <sup>3</sup>	12rpm 이상	드럼 100회전 직후	1/3 및 2/3지점 각 1회 측정, 총 2회		1회 3분 성형 총 6분	7일

〈표 V-5〉 건식 레미콘 생산 배합설계

레미콘 생산규격	배합구분	배합설계					물시멘트 비(W/C)	잔골재율 (S/A)
		시멘트 C	물 W	조골재 G	세골재 S	혼화제 Ad		
25-210-12	시방배합	328	173	969	863	0.98	52.7	47.2
	현장배합	328	152	935	918	0.98	52.7	47.2

주) 골재조건은 습윤상태로 사용, 계량시 표면水量 체크, 시방배합설계를 현장배합으로 보정

### 3) 트럭믹서의 제원

실험에 사용된 한라 리베어Truck Mixer는 독일산 수입품으로서, 본 트럭믹서는 최고 3.0ton/m<sup>3</sup> 밀도를 가진 콘크리트, 시멘트, 기타 환경오염을 발생시키지 않는 액체원료를 혼합하거나 또는 이를 운반하는데 사용하도록 허용되어 있다. 본 트럭믹서의 제원은 다음과 같다.

- 믹서 조정장치의 소음치 : K 85db A
- 드럼의 최대 회전 속도 : 12rpm (최대 14rpm 까지도 가능)
- 최대 믹서 혼합 용량 : 7m<sup>3</sup>
- 드럼의 크기 : 12m<sup>3</sup>

- 사용동력 : 차량의 엔진을 이용한 NMV 방식
- 콘크리트 적재 및 하적시 차량 엔진의 최대 회전 속도 : 1,500rpm
- 물탱크 용량 : 500ℓ
- 물공급 장치 : 압축공기를 이용한 배출방법
- 슈트의 회전 범위 : 수평으로 180°, 상하 30°범위로 조정가능

이 트럭은 국내의 에지터이터트럭과 비교하여 다음과 같은 특징이 있었다.

- ① 2중 나선형 브레이드를 장착하여 혼합성능을 최대로 발휘하도록 설계
- ② 드라이믹서용 물 및 혼화제 공급장치 부착(유량계)
- ③ 드럼 후부에 작동레바가 부착되어 드럼회전속도 조절가능
- ④ 물탱크용량이 500ℓ에서 2000ℓ까지 다양한 옵션에 의해 설치 가능
- ⑤ Chain이 아닌 유압에 의하여 드럼회전이 14rpm까지 가능

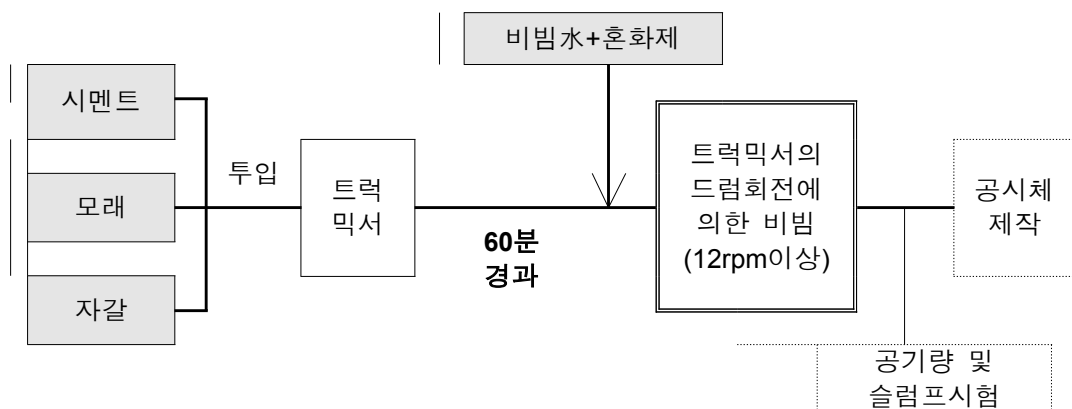
〈사진 V-1〉 실험에 사용된 한라 리베어트럭믹서



#### 4) 실험진행절차

건식레미콘 생산 실험은 현재 수요가 가장 많은 규격인 25-210-12규격을 선정하여, 레미콘 생산은 다음과 같은 프로세스에 의하여 이루어졌다.

- ① 믹서트럭 드럼내 세척
- ② 배치플랜트내 재료 계량(물, 혼화제 제외) 믹서 투입( $2m^3$ )
- ③ 믹서내 건비빔 실시후 Truck Mixer 투입
- ④ 60분간 적치, 드럼회전 없음
- ⑤ 드럼내 혼화제 투입 후 물탱크내의 물을 유량계를 사용하여 드럼에 투입
- ⑥ Truck Mixer의 드럼회전 실시(100회전)
- ⑦ 배출 및 품질시험(슬럼프, 공기량)
- ⑧ 압축강도 시험용 공시체(1회 3본 기준) 제작



〈그림 V-2〉 건식 레미콘 2차 실험의 PROCESS

## 2.2 실험결과 분석

### 1) 프래시(fresh)상태의 품질평가

건식프로세스에 의하여 생산된 레미콘의 아직 굳지 않은 상태(fresh한 상태)의 품질을 평가하면, 우선 슬럼프는 드럼 1/3지점에서 11.5cm, 드럼 2/3지점에서 13.5cm를 나타내어 큰 차이를 보이지 않았으며, 모두 목표슬럼프인 12cm에서 허용오차인 2.5cm내에 들어 합격하였다. 2/3지점보다 1/3지점에서 슬럼프가 다소 낮은 이유는 1/3지점의 경우 조골재량의 배출이 많았던 것으로 육안확인되었으며, 드럼내부로

갈수록 비빔이 더욱 균질해지는 것으로 이해된다.

슬럼프시험에 합격하였다는 것은 습식과 동일한 배합으로 건식레미콘을 생산할 경우, 비빔성능이 우수한 Truck Mixer를 이용할 경우, 소요의 작업성 및 유동성을 충분히 확보할 수 있는 것으로 평가된다. 다만 습식레미콘은 슬럼프가 19cm로 나타나 지정슬럼프인 12cm를 크게 초과하였다. 이는 공장에서 슬럼프를 체크한 것이기 때문에 현장도착후에는 슬럼프로스(slump loss)로 인하여 지정슬럼프인  $12 \pm 2.5$ cm 범위에 들어올 수 있을 것으로 기대된다.

공기량은 드럼의 1/3지점에서 6.3%, 2/3지점에서 6.5%로서 지정공기량인  $4.5 \pm 1.5$ (%)를 다소 초과하였다. 이는 습식생산과 비교하여 공기량이 1%이상 높게 나타난 것인데, 이는 콘크리트중의 공기량이 비빔을 시작한 후 3-5분후에 최대에 달하고, 그 이후로 점차 감소한다는 측면에서 볼 때<sup>26</sup>, 금번 시험의 경우 콘크리트시료의 배출시점이 콘크리트의 비빔을 시작한 후 약 5분이 경과된 시점이어서 공기량이 다소 높은 경향을 나타낸 것으로 판단된다. 그러나 공기량은 혼화제(AE감수제)의 사용량을 약간 줄이면 해결될 수 있는 성질이어서 품질에 큰 편차가 났다고는 할 수 없다.

또한 건식 레미콘의 비빔상태는 육안검사결과, 매우 양호한 상태로서 Truck Mixer의 드럼내에서 균질한 비빔이 이루어졌다고 사료된다.

## 2) 경화된(hardened) 상태에서의 품질평가

건식프로세스에 의하여 생산된 공시체의 압축강도는 7일 강도를 기준으로 할 때, 드럼 1/3지점에서 채취한 시료가  $151 \text{ kg/cm}^2$ , 드럼 2/3지점에서 채취한 시료가  $156 \text{ kg/cm}^2$ 를 기록하였다. 이를 28일 강도로 환산할 경우 드럼 1/3지점에서는  $249 \text{ kg/cm}^2$ , 드럼 2/3지점에서는  $256 \text{ kg/cm}^2$ 로서 호칭강도인  $210 \text{ kg/cm}^2$ 을 상회하는 것으로서 강도시험에 합격하였다.

그런데 습식생산방식에 의하여 제조된 레미콘은 7일 강도가  $181 \text{ kg/cm}^2$ 를 기록하여, 이를 환산식에 의해 28일 강도를 추정하면  $289 \text{ kg/cm}^2$ 를 나타내었다. 따라서 건식 생산방식에 의하여 생산된 레미콘의 강도(평균  $253 \text{ kg/cm}^2$ )가 습식 생산방식에 비하여 압축강도가 12.5% 정도 저하된 것으로 나타났다.

<sup>26</sup> 한국콘크리트학회, 최신콘크리트공학, p.211

〈표 V-6〉 Truck Mixer를 이용한 건식레미콘 생산실험결과

생산규격	실험항목			건식 생산		습식 생산
				드럼 1/3지점	드럼 2/3지점	
25-210-12	슬럼프			11.5 Cm	13.5 Cm	19 Cm
	공기량			6.3 %	6.5 %	5.1 %
	압축 강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	7일 강도	공시체 1	148	153	182
			공시체 2	154	149	175
			공시체 3	150	166	185
			평균	151	156	181
		24일 강도 추정		249	256	289

- 비고) 1. 슬럼프 허용오차 = 지정슬럼프 $\pm$  2.5cm  
 2. 공기량 규정 및 허용오차 = 4.5 $\pm$ 1.5%  
 3. 28일 강도의 추정은  $\sigma_{28} = \sigma_7 + 8\sqrt{\sigma_7}$ 에 의하여 추정  
 4. 습식 공시체는 동일한 배합에 의하여 습식으로 생산하여 현장으로 출하되는 레미콘믹서 트럭에서 시료를 채취한 것임

이와 같이 습식 생산방식과 비교하여 건식 생산방식에 의하여 생산된 레미콘의 압축강도가 상대적으로 저하된 이유로는 다음과 같은 요인들을 생각해 볼 수 있다.

① 건식 레미콘의 생산에 있어 기존의 습식용 배척플랜트를 사용하였는데, 지속적으로 현장출하가 이루어지는 상태에서 실험한 관계로 배척플랜트내의 믹서가 습윤상태를 유지하고 있었던 바, 이러한 상태에서 건식용 재료를 투입하여 건비빔하는 과정에서 미세한 미립자들의 손실, 특히 시멘트가 다소 손실되어 물시멘트비가 증가됨으로써 강도가 저하된 것으로 사료된다.

② 일반적으로 물시멘트비 1% 증가에 압축강도는 5% 정도 감소됨. 레미콘의 생산에 사용된 배합은 시멘트 328 kg, 물 173 kg으로서 물시멘트비가 52.7%이었는데, 습식 배척플랜트 내의 믹서에서의 시멘트재료의 손실을 3%로 가정한다면, 물시멘트비는 54.4%로 되어 1.7%가 증가하게 되며, 이러한 경우 압축강도는 8~10% 정도 저하될 가능성이 있다.

③ 또한 공기량 1% 증가에 압축강도는 4~6% 정도 저하하게 된다. 건식 생산방식에 의하여 생산된 레미콘의 공기량은 평균 6.4%이었는데, 이는 습식의 5.1%와 비교하여 1.3%가 높은 것이다. 이는 강도측면에서 5% 이상의 감소를 가져올 가능성이

있다.

④ 또한 실험에 사용된 Truck Mixer가 1990년대초에 輸入된 것으로서 차령이 오래되어 블레이드의 마모, 드럼회전속도의 저하 등으로 인하여 혼합(mixing)성능이 다소 뒤떨어진 것으로 추정된다.

### 3. 실험결과에 의한 건식레미콘 생산가능성의 검토

이상의 2차례 실험결과를 근거로 할 때, 건식 생산방식에 의한 레미콘의 제조는 충분히 가능할 것으로 판단된다. 다만, 건식용 배척플랜트 및 트럭믹서(truck mixer)의 사용이 전제되어야 할 것이다. 그리할 경우 품질에 큰 문제가 없이 건식 생산방식에 의한 레미콘의 생산, 공급이 가능할 것으로 생각된다.

그런데, 현행의 습식 생산용 배척플랜트를 사용하여 습·건식의 생산을 혼용하는 것은 기술적으로는 가능한 면도 있으나 경제적인 측면에서는 어렵다고 사료된다. 이는 금번 실험에서 볼 수 있는 바와 같이 습·건식을 혼용할 경우, 건식 생산시 배척플랜트의 믹서내에서 재료(특히 시멘트)의 손실이 발생하며, 믹서에서 트럭믹서 드럼으로의 투입시간이 상당히 길어지는 것이 문제점으로 사료된다.

또한 현재 사용되고 있는 Truck Agitator은 쌍용양회 한강사업소에서 시험한 결과에서 보듯이 회전속도, 블레이드의 구성, 혼합성능이 떨어져 건식 생산용으로 사용될 수 없는 것으로 평가된다.

드럼회전속도는 금번 2차 실험에 사용된 한라 리베어 Truck Mixer이 13~14rpm 인 반면, 쌍용양회의 Truck Agitator은 10rpm정도 이었다. 이는 기존의 Truck Agitator가 체인에 의하여 드럼을 회전시키는 반면, Truck Mixer는 유압에 의하여 드럼회전력을 얻기 때문이다. 또한 Truck Mixer는 Truck Agitator과 비교하여 드럼 내의 블레이드(blade)의 구성이 매우 치밀하여 믹서로서의 역할을 할 수 있도록 고안된 것이 특징이었다.

위와 같은 분석결과로 판단할 때, 건식레미콘 생산방식을 도입하기 위하여는 Truck Mixer의 보급이 전제되어야 할 것으로 사료된다.

## VI. 結 論

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 생산체계를 형성하였기 때문이며, 특히 Truck mixing 가운데 Dry batching방식은 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.

레미콘업계에서도 건식레미콘 생산시스템은 현장에서의 품질검사에서 불합격될 확률을 크게 줄일 수 있어, 품질관리비용 및 폐레미콘 처리비용이 크게 경감될 수 있으며, 또한 새로운 수요창출이라는 전제에도 부합된다고 생각된다.

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.

한편, 현재 레미콘은 방법론적으로도 좁은 범주속에 폐쇄되어 있고, 품질수준을 결정함에 있어 국민들에게 널리 사용되고 있는 상품이므로 특별히 고급의 콘크리트를 대상으로 하고 있지는 않다. 따라서 보통으로 쓰여지는 콘크리트로서 충실한 품질을 갖추지 않으면 안된다. 이러한 개념은 일본이나 歐美諸國에서도 크게 차이가 나타나지 않으며, 따라서 국내에서 사용되고 있는 일반적인 레미콘의 품질도 歐美 각국과 별 차이가 없다고 할 수가 있다.

그런데 센트럴믹싱으로 한정되어 왔던 우리나라의 레미콘 업계로서는 다른 외국에서와 같은 자유분방한 방식의 선택이 허용되지 않는 환경에 놓여있다. 본 연구의

설문조사에서 나타난 주요 결과 가운데, 레미콘의 품질에 대한 문제점으로서 현장에서의 작업성(workability)이 부족하다는 점이 크게 부각되었다는 점은 시사하는 바가 크다. 그 원인에 대하여는 건설업계와 레미콘업계의 의견이 상치되는 부분이 있지만 어쨌든 이러한 레미콘의 작업성능의 불량이 최근 건식레미콘의 도입에 대한 논의를 불러일으키고 있는 것만은 사실이며, 결론적으로 레미콘생산방식의 자율화는 이루어져야 할 것으로 판단된다.

이러한 기본적 개념하에 건식레미콘의 도입을 위하여 요구되는 사항을 정리하면 다음과 같다.

1) 건식레미콘의 도입은 기술적인 면을 검토한 결과, 트럭믹서(Truck mixer)의 보급이 前提된다면, 비교적 단기간에 도입하는 것이 가능한 것으로 사료된다. 다만 건식레미콘의 생산이 가능하도록 레미콘제조방식을 센트럴믹스로 한정하고 있는 현행의 KS F 4009를 개정하여 레미콘생산방식을 다변화할 필요성이 있다. 이 경우 KS 규격내에 건식레미콘의 사용용도를 지정하여 건식시스템에 의한 생산·공급의 활성화를 유도할 필요성이 있다.

2) 설비측면에서는 공장실험결과, 현행 배치플랜트를 이용하는 것이 가능한 것으로 사료되나, 배치시간의 증가, 시멘트의 손실 등을 방지하기 위하여는 대형업체 및 신규업체로서는 건식용 플랜트를 설비하는 것도 바람직할 것으로 사료된다. 또한 건식레미콘을 생산·공급하기 위하여는 현행 레미콘업계에서 사용하고 있는 Truck Agitator로서는 불가능하며, Truck Mixer를 사용하여야 한다. Truck Mixer는 믹서로서의 역할이외에 Agitator로서의 역할도 수행하는 것이 가능하기 때문에 앞으로 특장차 제조업계에서는 Truck Mixer로 생산라인을 정비할 필요성이 있을 것으로 사료된다.

3) 건식레미콘은 공장에서 품질을 관리하는 것이 아니고, 건설현장 또는 운반도중에 Truck Mixer 운전자에 의해 품질이 좌우될 확률이 높으므로 Truck Mixer 운전자에 대한 품질관리교육이 철저히 이루어져야 할 것으로 사료된다.

4) 건식레미콘의 도입을 위하여는 앞으로 기술적 측면에서 민간과 공공부문의 다양하고 활발한 실험연구가 뒷받침되어야 하며, 건식레미콘생산용 플랜트 또는 물탱크와 믹서를 장착한 Truck Mixer의 도입에 의하여 실제 환경하에서 실험연구가 다양하게 진행되어야 하며, 이러한 연구결과를 토대로 시방이 제정·보급되어야 할 것이다.

끝으로 건식레미콘 도입이 레미콘의 품질향상을 위한 절대적이고 최선의 대책이 아니라는 점을 언급해 두고 싶다. 여러 조사결과에서도 나타나듯이 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 생각하는 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 본문에서 언급한 바와 같이 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. 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
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. Ravina, D., Retempering a prolonged-mixed concrete with admixture in hot weather, Journal, American Concrete Institute, Vol. 72, No. 6, June 1975, pp.291-295
7. Beaufait, F. W. and Hoadley, P. G., Mix time and retempering studies on ready mixed concrete, Journal, American Concrete Institute, Vol. 70, No. 12, Dec. 1973, p.810; and Discussion, Journal, American Concrete Institute, Vol. 73, No. 4, April 1976, p.233.
8. 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
9. Truck Mixer, Agitator and Front Discharge Concrete Carrier Standards, NRMCA, 1990. 1
10. Concrete Plant mixer Standards of the Plant Mixer Manufacturers Division(Sixth Revision), Concrete Plant Manufacturers Bureau, Silver Spring, MD, 1990. 4
11. Robert L. Peurifoy, William B. Ledbetter, Construction Planning, Equipment & Methods(Fourth edition), 1985
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, 歐洲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. 최민수, 건식 레미콘 생산시스템의 특성 및 도입방안, 대한건설협회 「월간 거래가격」 1996. 4, pp.16-22
17. 최재진, 레미콘의 제조설비와 운반설비, 콘크리트학회지, 제5권 3호, 1993. 9, pp.10-18
18. 한국콘크리트학회, 최신콘크리트공학, 1992



## □ 부 록 □

---

1. 건식레미콘관련 설문조사양식
2. 건식레미콘에 관한 질의 회신
3. 건식레미콘 공장생산 실험관련 화보
4. 건식레미콘 Batching Cycle Chart

## [부록1] 건식레미콘 관련 설문조사

1. 현장에서 레미콘에 대한 加水가 발생하는 원인은 무엇이라고 생각하십니까?  
(1, 2, 3 ...기입요망)  
☐ 슬럼프 8-12Cm의 저슬럼프 규격의 사용  
☐ 레미콘의 운반시간 지연에 따른 슬럼프의 감소  
☐ 현장 작업원의 과거로부터의 관행  
☐ 기타\_\_\_\_\_
2. 건설현장에서의 레미콘에 대한 加水행위는 주로 누구에 의해 이루어진다고 보십니까?  
☐ 레미콘공급업체(믹서트럭기사)  
☐ 콘크리트펌프업자  
☐ 건설업체  
☐ 공동책임
3. 레미콘에 대한 현장 加水가 일어나는 비율은 어느 정도입니까?  
☐ 20% 이하      ☐ 21-40%      ☐ 41-60%      ☐ 60% 이상
4. 레미콘에 대한 현장 加水의 실태에 대하여 과거(1970-1980년대)와 현재를 비교하면 어떻습니까?  
☐ 크게 감소      ☐ 다소 감소      ☐ 거의 동일      ☐ 증가
5. 정부에서는 지난 1994년 9월 KS F 4009를 개정하여 '콘크리트펌프를 사용할 시에는 슬럼프 15Cm 이상의 레미콘을 사용하여야 한다'라고 규정한 바 있습니다. 본 규정에 대한 의견은?  
☐ 콘크리트의 품질을 확보하기 위하여 적절한 조치라고 평가된다  
☐ 콘크리트품질을 더욱 저해할 가능성이 높다  
☐ 펌프시공시 슬럼프 15Cm이상 사용을 의무화하는 것은 바람직하지 않다
6. 현행 습식레미콘의 품질에 대한 평가는?  
☐ 매우 우수한 편이다  
☐ 양호한 편이다  
☐ 다소 열악한 편  
☐ 매우 불량한 편이다
7. 레미콘의 품질에 대한 클레임중 가장 많은 비율을 차지하고 있는 것은?  
(1, 2, 3...기입요망)
 

① 아직 굳지않은 콘크리트 <input type="checkbox"/> 용적 부족 <input type="checkbox"/> 이물질 혼입 <input type="checkbox"/> 작업성 (슬럼프) 불량 <input type="checkbox"/> 경화불량 <input type="checkbox"/> 블리딩 및 레이턴스 <input type="checkbox"/> 기타_____	② 경화콘크리트 <input type="checkbox"/> 강도 부족 <input type="checkbox"/> 균열 <input type="checkbox"/> 표면 이상(거칠음, 변색 등) <input type="checkbox"/> 곰보(honey comb), 재료분리 <input type="checkbox"/> 탈락, 팝아웃(pop-out) <input type="checkbox"/> 기타_____
--	--

8. 레미콘의 품질불량을 일으키는 원인 가운데 가장 문제가 되는 부분은 무엇이라고 보십니까? (주요한 순으로 1, 2, 3...기입요망)

- ( ) 불량 원자재의 사용
- ( ) 레미콘품질의 편차(품질변동)가 심함
- ( ) 운반시간의 과다에 의한 품질변동
- ( ) 기타 \_\_\_\_\_

9. 레미콘의 생산으로부터 타설까지의 시간이 과다하게 걸리는 원인은 무엇이라고 보십니까? (1, 2, 3 ...기입요망)

- ( ) 원거리 현장공급의 과다
- ( ) 교통체증의 심화
- ( ) 레미콘공장의 편재(혹은 부족)
- ( ) 공사현장에서의 대기시간의 과다(레미콘차량의 다량대기)
- ( ) 공사현장의 작업준비의 미흡(콘크리트펌프의 수배미흡 등)
- ( ) 기타 \_\_\_\_\_

10. 건설현장에서는 레미콘차량이 다량으로 대기하는 사례가 많은데, 이는 건설업체에서 요구하는 것입니까?

- ( ) 요구하고 있다.
- ( ) 경우에 따라 요구하는 경우가 있다
- ( ) 요구하지 않는다(레미콘업체의 관행)

11. 레미콘 품질검사항목중 현장에서 불합격되는 비율은?

- ① 공기량  
( ) 1%미만    ( ) 2-3%    ( ) 4-5%    ( ) 6-10%    ( ) 10%이상
- ② 슬럼프  
( ) 1%미만    ( ) 2-3%    ( ) 4-5%    ( ) 6-10%    ( ) 10%이상
- ③ 압축강도  
( ) 1%미만    ( ) 2-3%    ( ) 4-5%    ( ) 6-10%    ( ) 10%이상

12. 레미콘공장으로부터 배합보고서를 받는 시기는?

- ( ) 입하할 때마다 받음
- ( ) 배합이 변경될 경우에만
- ( ) 필요할 때만
- ( ) 1일 1회
- ( ) 입하전에 받음
- ( ) 받지 않음

13. 건식 레미콘에 대하여 알고 계십니까?

- ( ) 잘 안다    ( ) 약간 안다    ( ) 들어본 적이 있다    ( ) 전혀 모른다

14. 우리나라에서 건식 레미콘 생산시스템이 도입되어야 할 것으로 생각하십니까?

- ( ) 도입하지 않는 것이 바람직
- ( ) 도입하는 것이 바람직
- ( ) 어느 쪽도 무방

☞ 도입하는 것이 바람직하지 않다면, 그 이유는? (1, 2, 3 ...기입요망)

- ( ) 레미콘시장의 경쟁 심화
- ( ) 습식과 비교하여 품질에 큰 차이 없음
- ( ) 습식보다 품질이 저하됨
- ( ) 추가 설비비(배치플랜트,믹서트럭 등)가 요구됨
- ( ) 기타\_\_\_\_\_

☞ 도입될 필요성이 있다면, 그 이유는? (1, 2, 3 ...기입요망)

- ( ) 레미콘의 품질확보(생산후 곧바로 콘크리트의 타설)
- ( ) 운반시간 경과에 따른 품질변동에 대응(슬럼프의 저하 등)
- ( ) 레미콘에 대한加水행위의 방지
- ( ) 품질검사 불합격률의 최소화(폐레미콘의 경감)
- ( ) 기타\_\_\_\_\_

15. 건식 레미콘의 문제점으로는 어느 것이 가장 클 것으로 생각하십니까?

- ( ) 현장에서의 믹서트럭에 의한 비빔에 따른 소음 등 공해문제
- ( ) 레미콘의 균질한 비빔(mixing)이 어려움
- ( ) 레미콘시장의 혼란 및 과당경쟁
- ( ) 물의 계량, 투입 등 기술적 문제에 의한 품질불량 발생
- ( ) 기타\_\_\_\_\_

16. 만약 건식레미콘 생산시스템을 도입할 경우, 도입방안에 대한 의견은

- ( ) 모든 레미콘생산·공급에 전면적으로 도입하는 것이 바람직하다
- ( ) 부분적으로 도입하는 것이 바람직하다(예 : 운반시간이 90분 이상인 경우)
- ( ) 생산방식(습식, 건식)의 선택을 레미콘업체의 자율에 맡기는 것이 바람직하다

## [부록 2] 건식레미콘에 관한 질의 회신





### [부록 3] 건식레미콘 공장생산 실험관련 화보

#### 1. 트럭에지데이터를 사용한 건식레미콘 생산실험(S사 H사업소)



## 2. 트럭믹서를 사용한 건식레미콘 생산실험(H사 P공장)

#### [부록 4] 건식레미콘 Batching Cycle Chart

## Abstract

### **A Study on the Measures to introduce a Truck Mixing Method in Ready-Mixed Concrete Production**

The domestic ready-mixed concrete industry, introduced in 1965, has made its important role as a material supply industry through the continuous expansion and modernization of its production facilities.

These days the quality of concrete structure is dependent upon that of ready-mixed concrete. From the survey results in this research, however, the suppression of retempering to ready-mixed concrete in construction fields is specially pointed out for the improvement in quality of concrete. In addition, it becomes so harder and harder to have fit slump and workability as a result of the increase of driving distance and delivery time.

In general, there are four types in the manufacturing of ready-mixed concrete.

Firstly, as a wet process, the central mixed concrete is mixed completely in a stationary mixer and then transferred to the job site as an truck agitator. Sometimes the central mixer will partially mix the concrete and the final mixing and transforting will be done in a revolving drum truck mixer. This process is often called shrink mixing.

On the other hand, as a dry process, truck mixing is a process by which previously proportioned concrete materials from a batch plant are charged into a ready-mixed truck for mixing and delivery to the construction project.

Dry-batched concrete, as a kind of truck mixing, is to extend the transfortation time. By this method dry materials are transported to the job site in the truck drum and the mixing water is carried in a separate tank mounted on the truck. Water is added under pressure, and mixing is completed with the usual 70 to 100 revolutions required for truck mixers.

Generally, there are a number of facilities in the other countries that have both dry and central mix capability within the same plant. There is little difference of mix proportion design between wet process and dry process.

On the other hand, in Korea, ready-mixed concrete has been produced by the only central mix method until this time. Recently, however, owing to the serious traffic congestion, the introduction of transit-mixed concrete, especially dry batching method, has been gradually required.

Under the circumstances, the government is trying to propel to introduce the dry batching method in ready-mixed concrete production. So, in this report it is scrutinized the properties of dry batching system in ready-mixed concrete production as well as the effects and problems of introducing this system.

Furthermore, this report proposed the political measures to introduce the dry batching system in ready-mixed concrete production. The major requirements proposed in this report are as follows;

Firstly, the allowance of free choice between wet and dry process is required to introduce a dry batching system in ready-mixed concrete production. Accordingly, it is necessary to revise KS F 4009(ready-mixed concrete) prescribed the wet process production only.

Subsequently, it is also necessary to enlarge the production and popularizing of truck mixer in place of truck agitator to mix the concrete in job site and prevent a prolonged-mixed concrete from retempering.

And then the mixer truck driver is an important element in the quality control of ready-mixed concrete under dry batching. So, it is required to give drivers extensive training, not only in how to operate the vehicle, but also in concrete technology and product quality.

