

## 레미콘의 運搬 및 打設

### Transportation and Placing of Ready-Mixed Concrete



崔 在 眞\*

#### 1. 序論

레디 믹스트 콘크리트(레미콘) 工業은 독일의 建設業者였던 J.H. Margens가 1903년 최초의 레미콘 플랜트를 건설하여 그 特許를 얻음으로써 시작되었고 1913년에는 미국의 Maryland 州에 레미콘 플랜트가 건설되었다.<sup>1)</sup> 그러나 당시는 덤프 트럭으로 운반하는 방식이었기 때문에 운반도중에 材料分離를 일으키는 등의 品質問題로 사용자로부터 인정을 받지 못하였으며 1926년에 이르러서야 에지테이터 장치의 개발로 많은 品質問題의 해결과 더불어 급속한 발전의 계기가 되었다.<sup>2)</sup>

우리 나라에서는 1965년에 大韓洋灰(1975년 雙龍洋灰와 합병)에서 서울의 西米庫에 배쳐 1機, 에지테이터 트럭 15대로 레미콘 공장을 준공, 생산을 개시했다. 그 후 1976년까지는 이 회사만이 레미콘 생산에 참여하였으나 그 이듬해부터 여러 회사가 참여하기 시작하여 1978년에는 9개 회사로 늘어났다. 이같은 증가추세는 1980년대에 들어서면서 더욱 가속되어 1985년에는 79개 회사, 148개 공장으로 증가하였으며 1990년 통계에 의하면 전국적으로 401개의 공장이 세워져 가까운 장래에 500개 공장의 돌파가 전망되고 있다.

한편, 레미콘을 생산하는 배치 플랜트의 設備에 있어

서도 많은 발전이 있었다. 그중 材料計量方式으로 1950년대의 빔 스케일 방식(beam scale system), 1960년대에는 풀 와이어 방식(pull wire system)을 거쳐 1970년대에는 펀치카드 방식(punch card system)의 개발, 보급이 이루어졌으며 1980년대에 등장한 컴퓨터화된 시스템이 오늘날 널리 이용되게 되었다.

그러나 이와같이 현대화된 製造設備에 의해 레미콘을 생산하여 에지테이터 트럭으로 운반하는 오늘날에 와서도 레미콘의 品質問題가 야기되는 경우가 많다. 급년들어 不良레미콘이 유통된다고 하여 배스컴에서 연일 보도된 것도 이러한 사실을 보여주는 하나의 예라고 할 수 있다.

결국 레미콘은 현장에서 혼합한 콘크리트보다 많은 잇점이 있는 것은 사실이나 使用材料의 관리 또는 製造·運搬 管理가 잘못되었을 때 레미콘의 品質低下를 초래하며 品質變動이 크게될 수 있기 때문에 과신해서는 안된다.

따라서 本文에서는 레미콘의 올바른 製造 및 使用方法을 알아보기 위하여 레미콘 工場의 選定方法, 운반에 따른 品質變化 그리고 펌프 壓送時의 考慮事項 등을 고찰하고자 한다.

\*産業安全保健研究院 研究員

## 2. 레미콘 工場의 選定

소요의 품질을 가지는 레미콘을 생산, 공급할 수 있는 레미콘 공장을 선정하기 위하여 KS表示許可를 받은 공장인지의 여부와 品質管理狀態를 알아보아야 한다.

부득이 KS表示許可를 받지 않은 공장의 레미콘을 사용할 경우는 KS F4009(레디 믹스 콘크리트)의 규정 및 工業振興廳이 KS表示許可를 주기 위하여 실시하는 工場審査事項(레미콘 審査事項)의 규정을 참조하여 그 공장의 製造設備, 使用材料와 레미콘의 品質管理狀態 등을 확인할 필요가 있다. 또 KS表示許可를 받은 공장이라도 콘크리트 혼합시작후 1.5시간 이내에 운반할 수 있는 거리내에 위치하여야 하며 낮은 슬럼프의 콘크리트를 덤프 트럭으로 운반하는 경우는 1시간 이내에 운반할 수 있는 거리에 있어야 한다.(표-1 참조)

표-1. 운반시간의 허용범위

규격	허용범위
KS F 4009(레디 믹스 콘크리트)	혼합개시로부터 1.5시간 이내에 공사지점에서 배출할 수 있도록 운반(덤프 트럭으로 운반시)는 1시간 이내)
콘크리트표준시방서(토목)	혼합개시로부터 타설완료까지의 허용시간은 25℃이하:1.5시간 25℃이하:2시간
건축공사표준시방서(건축)	혼합개시로부터 타설완료까지의 허용시간 *등급1종: 기온25℃이하:1.5시간 기온25℃이상:1시간 등급2종: 기온25℃이하:2시간 기온25℃이상:1.5시간

\*표: 시공에 관한 시방의 등급

## 3. 運搬時間이 品質에 미치는 影響

### 3-1. 슬럼프 損失

레미콘은 運搬時間에 따라 品質이 변화하며 특히 시멘트의 初期水和, 水分의 蒸發 및 骨材의 水分吸水 등으로 인해 워커빌리티가 저하된다. 그래서 현장에서 레미콘의 슬럼프값을 許容範圍 이내로 유지시키기 위해서는 엄격한 品質管理에 의한 레미콘의 생산은 물론 運搬時間에 따른 슬럼프 損失量(slump loss)을 정확히 예측하

여 이를 반영하지 않으면 안된다.

레미콘의 運搬時間에 따른 슬럼프 損失量을 추정하기 위한 식으로서 에지테이터 트럭을 사용하여 경과시간에 따라 슬럼프의 변화를 시험한 결과를 소개한 여러 분야의 데이터를 분석하여 필자가 제안한 식은 다음과 같다.

$$Y=0.001 X_1 \cdot X_2-0.0006 X_1 \cdot X_3+0.02 X_1 \cdot X_4+0.03X_1-0.95 \dots\dots\dots(1)$$

여기서, Y: 슬럼프 損失量(cm)

X<sub>1</sub>: 運搬時間(分)

X<sub>2</sub>: 콘크리트 온도(℃)

X<sub>3</sub>: 혼합직후의 슬럼프(cm)

X<sub>4</sub>: 混和劑 使用有無(사용한 경우:1, 사용하지 않은 경우:0)

식(1)에 의해 諸條件別로 슬럼프 損失量을 구해보면 표-2와 같다.

표-2. 슬럼프 손실량의 추정치

운반시간(분) 콘크리트온도(℃)	종류					
	보통콘크리트			혼화제사용 콘크리트		
	30	60	90	30	60	90
10	0	1	2	0.5	2	3.5
20	0.5	1.5	3	1	2.5	4.5
30	0.5	2	3.6	1	3	5.5
35	0.5	2.5	4	1	3.5	6

이 표를 참고로 하여 레미콘 제조시 미리 슬럼프 損失量을 고려하여 單位水量 및 단위시멘트량을 증가시킴으로써 슬럼프 損失에 따른 品質問題를 해결할 수 있을 것으로 생각된다. 다만 混和劑를 사용한 경우는 混和劑의 종류에 따라 슬럼프 損失量에 차이가 있으므로 사전에 확인시험이 필요하다.

### 3-2. 空氣量 損失

레미콘 運搬中 발생하는 空氣量 損失의 정도를 알아보기 위하여 AE減水劑를 사용한 레미콘의 空氣量을 工場과 打設現場에서 각각 측정하여 정리한 것이 표-3<sup>4)</sup>이다. 여기서 運搬時間 1~2시간의 범위에서 配合에 관계없이 工場과 現場과의 空氣量 차이는 평균적으로 0.5% 전후였음을 보여주고 있다. Hellström도 많은 자료를 분

석하여 工場과 現場간의 空氣量 차이가 0.7% 정도라고 보고<sup>3)</sup>하였다.

따라서 AE劑의 종류에 따라 다소의 차이는 있겠으나 일반적인 경우 0.5% 정도의 空氣量 損失을 고려하여 레미콘을 생산함으로써 現場에서 소요의 空氣量을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

표-3. 운반중의 공기량 손실

배합No.	시험횟수	평균운반 시간 (분)	공기량(%)		
			공장	현장	차이
1	7	110	3.84	3.23	0.61
2	7	112	4.54	4.01	0.53
3	6	60	4.72	4.35	0.37
4	7	49	4.26	3.76	0.50

한편 시멘트質 材料로 플라이 애쉬를 일부 사용하면 未燃燒炭素에 AE劑가 吸着되어 空氣量이 감소된다.

한 실험에<sup>4)</sup>로서 國內에서 생산된 플라이 애쉬를 시멘트중량의 10% 또는 20% 대체하여 사용한 경우 AE제 의 소요량이 각각 2.5배 및 5배로 증가하였으며, 또한 운반중에도 급격한 空氣量 損失이 있어 運搬管理上의 問題點으로 지적되었다.

### 3-3. 콘크리트의 溫度變化

寒中콘크리트의 경우 타설시의 콘크리트 온도는 일반적으로 10~20℃로 규정하고 있기 때문에 運搬中の 溫度低下를 고려할 필요가 있다.

이때 운반에 따른 溫度低下値는 다음식<sup>5)</sup>에 의해 구할 수 있다.

$$\Delta T = 0.15(T_1 - T_0)t \dots\dots\dots(2)$$

- 여기서,  $\Delta T$ : 레미콘의 온도저하치(℃)
- $T_1$ : 혼합직후의 콘크리트 온도(℃)
- $T_0$ : 주의의 기온(℃)
- $t$ : 혼합시부터 타설완료까지의 시간(시)

한편 燻中콘크리트로서 워프 壓送을 하는 경우 레미콘의 온도는 0.5~1.5℃ 정도 상승된다. 특히 燻中콘크리트로서 매스 콘크리트인 경우는 타설후 水和熱에 의한

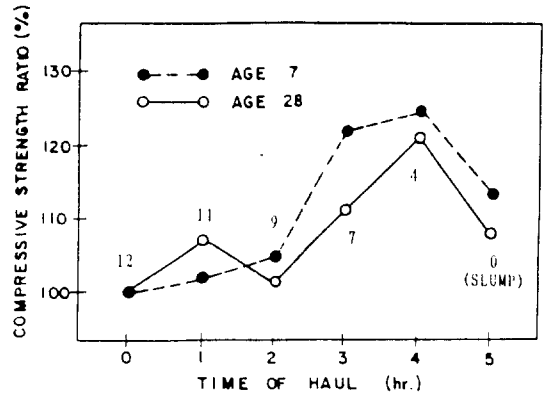


그림-1. 운반시간에 따른 압축강도비의 변화

溫度上昇과 運搬中の 溫度上昇(보통의 경우 1~2℃ 정도)을 고려하여 혼합시의 콘크리트 온도를 정할 필요가 있다.

외국의 施工例에서는 콘크리트 온도를 낮추기 위해 얼음을 사용하며 갈레나 運搬車를 냉각시키는 예 또는 外氣溫이 낮은 아침이나 저녁에 타설하는 예 등을 종종 볼 수 있다. 또 최근에는 콘크리트 온도를 液體窒素를 사용하여 냉각하는 방법도 사용되고 있다.

### 3-4. 強度變化

레미콘의 運搬時間이 強度에 미치는 영향을 확인하기 위하여 5시간 동안 레미콘 트럭의 에지테이터 드럼을 회전시키면서 시료를 채취하여 소정의 재령에서 壓縮強度를 실험한 결과가 그림-1<sup>7)</sup>이다. 이 그림에서 運搬時間에 따라 壓縮強度는 7일 및 28일 재령에서 모두 최대 20% 정도의 증가를 나타냈으며 運搬時間 4시간 이후에는 강도의 감소를 보였다.

한편 그림-2, 3<sup>8)</sup>은 Beaufait의 실험결과로서 대체적으로 運搬時間 3시간 정도의 범위에서는 다소 강도가 증가되었으며 그후의 運搬時間에서는 강도가 크게 저하되었음을 보여주고 있다.

그런데 이들 그림에서 공통적인 사항은 運搬時間에 따라 대체적으로 壓縮強度가 증가되다가 슬럼프값이 0에 가깝게 되었을 때 급격히 강도가 저하되었다는 점이다.

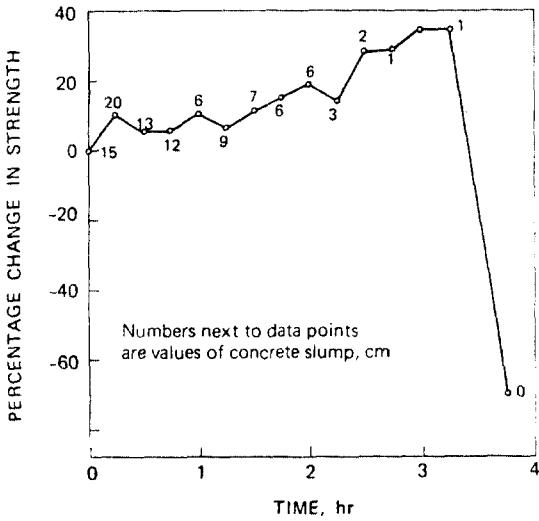


그림-2. 운반시간에 따른 압축강도비의 변화

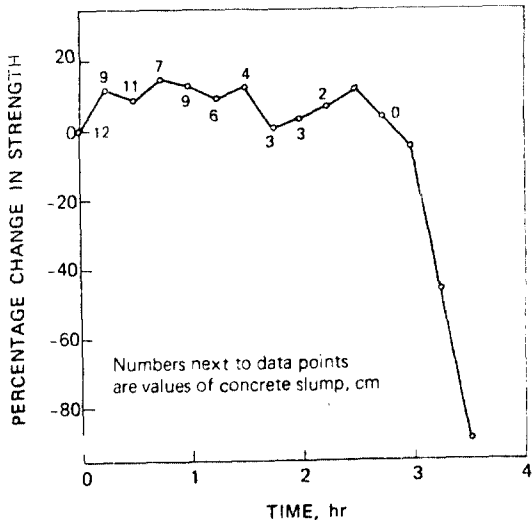


그림-3. 운반시간에 따른 압축강도비의 변화

레미콘에서 초기의 運搬時間에 따라 강도가 다소 증가하는 이유는 그림-4<sup>12)</sup>에 나타난 바와 같이 에지테이터 드럼의 회전에 의해 일부 凝集된 시멘트粒子가 분리되어 물과 접촉할 수 있는 면적이 증대됨에 따라 水和作用이 보다 원활해지며 또 水分의 蒸發, 골재의 吸水에 의해 물시멘트비가 감소되기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 레미콘의 슬럼프값이 0에 가깝게 된 후에도 계속하

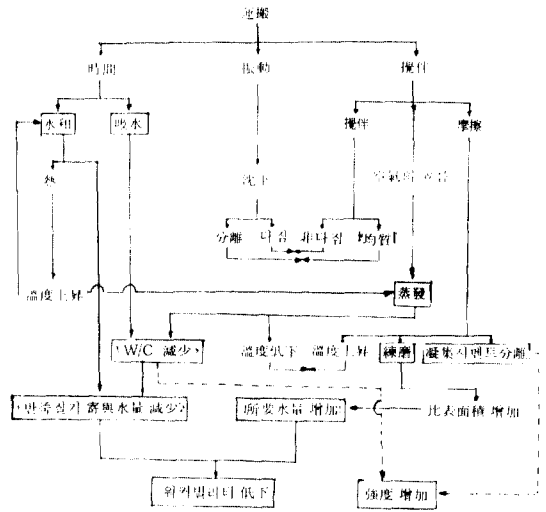


그림-4. 운반시간이 레미콘의 품질에 미치는 영향

여 교반을 하면 다짐이 어려울 뿐만 아니라 凝結의 진행을 방해하게되어 강도가 급격히 저하되는 것으로 생각된다.

#### 4. 리템퍼링 效果

레미콘의 슬럼프 저하로 타설이 어렵게 되어 부득이 현장에서 워커빌리티를 개선시켜야만 사용할 수 있거나 폐기하여야 하는 경우가 있으며 이러한 때에 에지테이터 드럼 안에 물을 추가로 첨가하는 사례를 종종 발견할 수 있다.

여기서는 이와같이 물을 추가로 첨가하여 리템퍼링 (retempering)하였을 때에 硬化한 콘크리트의 성질에 미치는 영향과 流動化劑를 사용하여 리템퍼링하였을 때의 효과에 대하여 살펴본다.

##### 4-1. 물의 첨가효과

레미콘의 슬럼프값을 배치 플랜트에서 혼합한 직후의 수준으로 회복시키기 위하여 레미콘을 運搬時間에 따라 에지테이터 드럼에서 배출시켜 물을 추가로 첨가한 후 소형 믹서에서 다시 혼합한 레미콘의 강도시험결과를 나타낸 것이 그림-5<sup>7)</sup>이다.

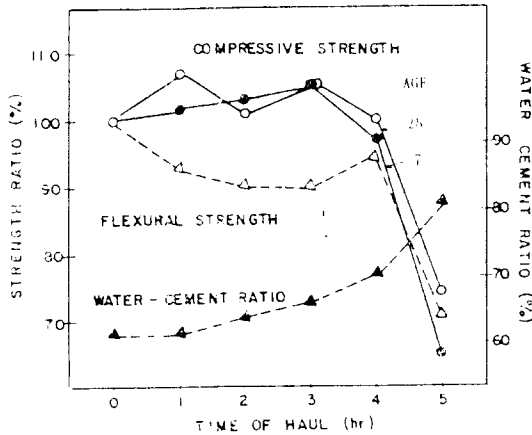


그림-5. 물을 추가첨가한 콘크리트의 압축 및 휨강도 시험결과

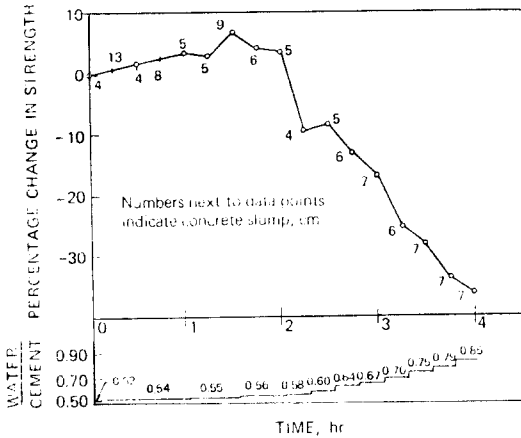


그림-6. 물을 추가 첨가한 콘크리트의 재령 28일 압축강도비

運搬時間에 따라 추가첨가한 水量을 가산하여 물시멘트비를 계산하면 運搬時間 4시간에서 약 10% 정도 증가하였음을 알 수 있다. 콘크리트의 강도와 물시멘트비의 관계에서 水量의 증가로 물시멘트비가 증가하는데 따라 강도가 당연히 감소하여야 하나 壓縮強度는 4시간 정도까지는 거의 변화가 없었다. 이는 3장에서 설명된 強度增加要因에 의한 효과와 상쇄된 결과에 의한 것으로 생각된다.

한편 그림-6<sup>(\*)</sup>의 시험에에서는 물을 첨가하는 경우 運搬時間 2시간 정도부터 壓縮強度의 저하를 보이고 있

다. 이와같은 시험결과와 차이는 시멘트의 凝結時間 및 시험조건의 차이에 의한 결과로 생각된다.

이러한 결과를 종합하여 판단할 때 에지테이터 드럼속에서의 충분한 혼합은 기대할 수 없으며 品質變動이 크게될 가능성이 높기 때문에 물을 추가로 첨가하는 일을 금해야할 것으로 생각된다.

#### 4-2. 流動化劑의 添加效果

流動化劑는 종래의 콘크리트用 界面活性劑와는 효과가 다르기 때문에 비교적 많이 사용하여도 凝結遲延作用, 硬化不良, 空氣量의 過剩進行을 일으키지 않으며 대폭적인 流動性의 증진효과가 있다.<sup>9)10)</sup> 또한 流動化劑 添加前後의 強度變化가 거의 없다. 따라서 運搬過程中 저하된 레미콘의 워카빌리티를 개선시키기 위하여 流動化劑를 이용하면 효과적일 것이다.

표-4. 유동화제를 사용한 리템퍼링 시험결과

운반시간(분)	유동화제의 첨가량 (cc/C=100kg)	슬럼프 (cm)	압축강도(kg/cm <sup>2</sup> )		
			7일	28일	
0	-	12.0	189	238	
90	유동화제 첨가전	0	5.5	191	241
	유동화제 첨가후	1300	13.5	209	246

표-4<sup>7)</sup>는 레미콘 트럭을 사용한 시험에로서 슬럼프 12cm의 레미콘을 90분간 운반하였을 때 슬럼프 5.5cm로 저하되었다. 슬럼프를 회복시키기 위하여 流動化劑를 시멘트 100kg당 1300cc 투입하여 고속회전시켰는데 이때 레미콘의 슬럼프는 13.5cm로 되었으며 壓縮強度試驗結果 流動化劑 添加前보다 다소 큰 壓縮強度를 나타냈다.

한편 流動化 콘크리트의 슬럼프 損失은 보통의 묽은 반죽 콘크리트와 비교하여 일반적으로 크며 流動化劑의 種類, 添加量, 添加時期, 配合條件 등에 따라 차이가 있다. 그래서 流動化 콘크리트의 슬럼프 損失을 감소시키기 위한 연구가 현재 진행되고 있으나, 아직 만족할만한 성과는 보고되고 있지 않다. 일반적으로 流動化劑 添加後 60분 정도에서 그 효과가 상실되어 베이스 콘크리트

의 슬럼프값으로 되돌아가는 경향이 있다. 여기서 소개하고 있는 실험에서도 流動化後 13.5cm이었던 것이 40분후 7.5cm로 크게 저하되었다.

이상의 내용을 종합해 볼 때 流動化劑를 사용하여 強度上的 問題點없이 슬럼프값을 회복시킬 수 있는 것으로 판단되며 이때 流動化劑 添加後 30분 이내에 치기를 완료할 필요가 있다.

## 5. 펌프壓送

### 5-1. 壓送準備

레미콘의 압송전에 配管位置, 固定狀態 등을 확인하고 콘크리트 펌프의 호퍼, 실린더, 튜브류 및 輸送管內部는 압송개시전에 물로 깨끗이 씻어낸다. 또한 레미콘의 압송에 앞서 配管內部를 습한 상태로 하기 위하여 통상 0.5~1.0m<sup>3</sup> 정도의 시멘트풀 또는 모르터를 먼저 압송한다. 이때 압송된 시멘트풀 또는 모르터는 기포잡내에 타설되지 않도록 하는 것이 원칙이나 경우에 따라서 이음부 콘크리트를 겹치는 경우는 사용콘크리트의 품질이상의 配合으로 한다. 보통 配合比는 配管長 100m 이내에서는 1:3(시멘트:모래 중량비), 100~200m에서 중량비 1:2, 200m 이상에서 중량비 1:1정도로 한다.<sup>11)</sup>

### 5-2. 壓送

어떠한 경우에도 레미콘에 加水를 해서는 안되며 압송은 가능한 중단하지 않고, 연속적으로 실시한다. 계획적으로 중단하는 경우는 가능한 중단시간을 짧게하며 통상의 경우 1시간 이내로 한다. 그러나 水密콘크리트, 輕量콘크리트, 暑中콘크리트, 高所壓送, 高性能減水劑를 사용하는 경우 등은 가능한 연속적으로 압송할 수 있도록 계획한다.

압송이 어렵거나 콘크리트 펌프의 油壓上昇 또는 진동 등 관이 막힐 조짐이 있는 경우는 壓送速度를 늦추거나 콘크리트 펌프의 逆運轉에 의해 실린더 안쪽 및 配管根元部の 콘크리트를 호퍼안으로 되돌려 다시 교반한 후 압송한다. 이것은 특히 輕量콘크리트의 경우 효과적이다.

관이 막히는 원인으로는 다음 사항을 들 수 있으므로

문제가 발생한 경우 원인을 조사하여 적절한 조치를 취한다.

① 슬럼프가 그 허용치를 넘는 경우, ② 치수가 큰 골재나 이물질이 혼입된 경우, ③ 輕量骨材의 프리웨팅이 부족한 경우, ④ 혼합이 불충분하여 콘크리트가 불균일한 경우, ⑤ 콘크리트의 單位水量, 간골재율의 변동이 큰 경우, ⑥ 콘크리트의 온도가 높으며 운반시간의 한도를 넘는 경우, ⑦ 配管 결합부 등에서 물 및 시멘트풀이 새는 경우, ⑧ 압송을 장시간 중단한 경우 등이다.

壓送中에 輸送管을 연장하는 경우는 연결하는 관이나 호스의 내부를 미리 물 또는 모르터로 습하게 하고 1회의 연장은 가능한 짧게 하며 보통 3m 정도로 한다.

### 5-3. 壓送에 의한 品質變化

압송된 레미콘이 소량의 품질을 가지도록 또 壓送後의 品質變化가 허용범위내에 들도록 재료, 배합, 펌프의 종류 및 壓送方法을 검토해야 한다. 특히 輕量콘크리트의 高所壓送, 된반죽 콘크리트의 압송, 장거리 압송시는 주의를 요한다.

압송에 의한 품질변화로서는, 보통콘크리트에서 통상 슬럼프의 변화는 약 0.5~2.0cm의 범위이며 空氣量은 약 1.0% 이내이다. 輕量콘크리트의 경우는 壓送條件, 配合, 프리웨팅의 상황에 따라 상당한 범위로 변화한다. 예를들어 펌프 吐出壓 10kg/cm<sup>2</sup>에서 약 1cm, 20kg/cm<sup>2</sup>에서 약 3cm, 30kg/cm<sup>2</sup>에서는 약 5cm 정도 壓送에 의한 슬럼프 저하가 일어나는 경우도 있다.<sup>11)</sup>

## 6. 맺는말

이상 레미콘에 관한 주요 기술적 사항을 고찰하였다.

레미콘 품질의 향상은 일차적으로 레미콘業界가 의지를 가지고 해결해야할 문제이나 施工者 또는 工事監理者도 레미콘에 관한 기술을 충분히 숙지하여 적절히 사용하는 것이 또한 중요하다고 생각된다. 또 양질의 골재가 점차 고갈됨에 따라 부순돌, 海砂 등의 사용이 급증하고 있어서 콘크리트 構造物의 耐久性向上을 위한 노력이 어느때보다도 요망되고 있다. 그래서 훗날 철근의 부식에 의한 構造物의 붕괴 또는 국내에서는 그 사례가

확인되고 있지 않으나 알칼리-骨材反應에 의한 치명적인 문제 등이 발생되지 않도록 철저한 관리감독이 이루어져야 하겠다.

그밖에 레미콘 品質上의 問題點 이외의 사항으로 레미콘 제조자가 해결해야할 주요 과제로는 레미콘 산업에서 수반되는 소음, 분진, 폐수 등의 公害問題를 지적할 수 있는데 이들에 대한 관리가 행정당국의 감시를 피할 형식적인 것이 되지 않도록 다같이 노력해야할 것으로 생각된다.

#### 參考文獻

1. 政村 外, 生コンプラント-裝置と保守, 日本コンクリート工學協會, pp.2~3, 1980.
2. I.C.Leggot, Development of truck mixers due to demands made by the ready mixed concrete industry, Advances in ready mixed concrete technology, Pergamon press, pp.35~47, 1976.
3. 文翰英, 崔在眞, 레디믹스트 콘크리트의 슬럼프損失에 영향을 미치는 要因分析, 大韓土木學會論文集 第6卷2號, pp.23~34, 1986.6
4. 文翰英·崔在眞·金基亨, 레디믹스트 콘크리트의 空氣量損失에 관한 考察, 大韓土木學會 1986年 學術發表論文集, 1986.10.
5. B. Hellström·N.Petersons, Losses in air content during transportation, Advances in ready mixed concrete technology, Pergamon press, pp.354~358, 1976.
6. 寒中コンクリート施工指針案·同解説, 日本建築學會, 1981.
7. 文翰英·崔在眞, 레디믹스트 콘크리트의 品質改善을 위한 研究, 大韓土木學會論文集, 第3卷3號, pp.33~45, 1983.12.
8. F.W. Beaufait·P.G.Hoadley, Mix time and retempering studies on ready-mixed concrete, ACI Jour., Proc. Vol.70, No.12, pp.810~813, Dec. 1973.
9. 服部 外, 粒狀化高性能減水劑によるスランプロス防止と施工實驗, セメント技術年報37, pp.167~170, 1983.
10. Sandor popovics, Fundamentals of portland cement concrete : A quantitative approach (Vol.1) pp.441~455, John wiley & sons, 1982.
11. 龜田泰弘·柿崎正義, 生コン/使い方の要點, pp.144~158, セメント協會, 1988.
12. J.D. Dewar·R.Anderson, Manual of ready mixed concrete, pp.64~70, Blackie (London), 1988.