

에지테이터 드럼 内の 레미콘 品質에 대한 檢討

張 秦 禹

〈高麗産業開發(株) 硯昌공장
품질관리실장〉

1. 서 론

레디믹스 콘크리트가 독일에서 최초로 제조되었던 당시만 하더라도 운반수단으로서 주로 덤프트럭을 애용하였으므로 운반중에 콘크리트가 분리되는 등 품질상의 문제가 자주 발생하여 레디믹스 콘크리트(이하 “레미콘”으로 약함) 산업이 어려움을 겪었다고 한다.

그 이후 레미콘의 수송 운반중에 발생하는 품질상의 문제점을 개선하기 위한 연구가 진행되어 좋은 연구성과를 얻게 되었으며 또한 운반차내에 에지테이터 장치를 도입함으로써 레미콘 운반중에 발생하는 품질상의 문제점을 크게 해결함으로써 레미콘의 수요가 급격히 증가하게 되었다. 우리나라에서는 1965년 대한양회가 서울의 서빙고에 레미콘공장을 세운이래 레미콘의 수요가 표-1에서와 같이 지속적으로 증가하고 있으며 일본의 경우 1982년 현재 5,138개 공장에서 연간 1억4,004만 m^3 의 레미콘을 출하했으며, 이는 레미콘 전환율 67.3%에 해당하는 것이다. 우리나라의 경우 1982년에는 레미콘 전환율이 20.5%였으며 1985년에는 36.3%로 증가하였다.

한편 레미콘의 수송효율을 높이기 위하여 운반차의 에지테이터 드럼이 대형화되고 있는 추세이다.

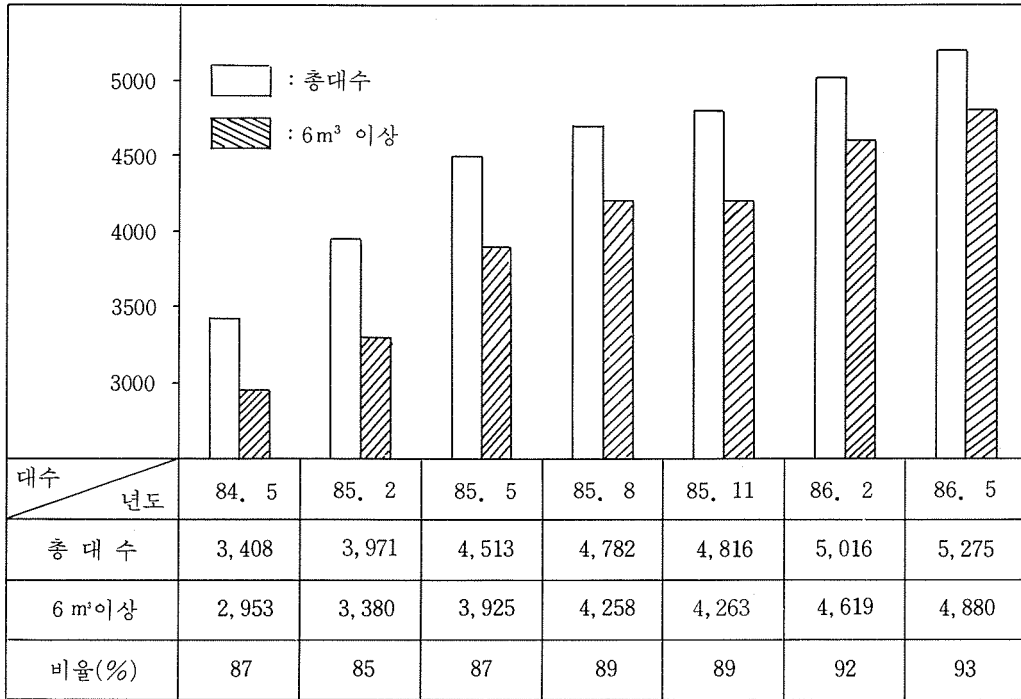
표 1. 연도별 레미콘 생산실적 및 증가비

연 도	생 산 량(m^3)	증 가 비
1966	49,406	1.00
1971	315,821	6.33 39
1976	1,347,006	27.26
1981	7,142,370	144.56
1985	22,983,363	465.19

과거에는 레미콘의 적재량이 3.5 m^3 인 소형의 에지테이터 드럼을 많이 사용하였으나 근년에 와서는 표-2와 같이 6 m^3 이상의 많은 용량을 적재할 수 있는 운반차가 크게 증가되었으며 또한 국산 레미콘 운반차의 생산으로 레미콘 운반차를 국산으로 대체하고 있는 실정이다. 그래서 레미콘 운반차의 대형화, 국산화 등으로 인하여 야기될지도 모를 레미콘의 품질문제에 대한 의구심과 아울러 국산 레미콘 운반차의 성능에 대한 검토의 필요성이 절실히 요망되었다.

본 연구에서는 국산 레미콘 운반차의 성능을 조사 평가하기 위한 연구의 한단계로써 국산 대형레미콘 운반차를 사용하여 60분정도 운반한 레미콘을 에지테이터 드럼의 부위별로 시료를

표 2. 레미콘 운반차의 분기별 증가 현황



채취하여 품질시험을 실시한 실험결과에 대하여 검토하였다.

현대시멘트(주)의 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였으며 화학성분은 표-3과 같고 물리적성질은 표-4와 같다.

1. 실험개요

2) 골 재

2-1. 사용재료

굵은골재 최대치수 25mm의 한강산 부순 자갈과 한강모래를 사용하였으며 물리적 성질은 표-5와 같다.

1) 시멘트

표 3. 시멘트의 화학성분

(단위 : %)

화 학 성 분	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	loss on ignition	insoluble residue
K. S	-	-	-	-	6.0 이하	-	3.0이하	-
시험치(%)	21.20	5.90	3.40	61.96	3.91	2.13	0.91	0.20

표 4. 시멘트의 물리적성질

구분	항목	분 말 도	안 정 성	응 결 시 간		압 축 강 도(kgf/cm ²)		
		Blaine (cm ² /g)	Autoclave (%)	초 결 (min)	종 결 (hr.)	3 일	7 일	28 일
K. S		2,800 이상	0.8 이하	60 이상	10 이하	127 이상	197 이상	281 이상
시 험 치		3,332	0.069	230	5 : 40	183	267	330

표 5. 골재의 물리적성질

구 분	비 중	흡수율 (%)	단위용적 중 량 (kg/m ³)	실적률 (%)	조립률	점 토 덩어리 (%)	안정성 Na ₂ SO ₄ (%)	No. 200 체통과 량 (%)	유 기 불순물	마모 감량 (%)	연 한 석편량 (%)
잔 골 재	2.61	1.01	1,693	63.9	2.52	0.26	2.69	0.16	합격	-	-
굵은골재	2.65	1.08	1,736	66.5	6.71	0.18	0.80	0.19	-	25.4	1.69

2-2. 실험방법

레미콘을 배치플랜트에서 혼합하여 트럭에 지 테이터에 6 m³를 적재한 후 2 rpm 정도로 드럼 을 회전하면서 60분정도 소요되는 현장까지 수 송하였다. 그리고 에지테이터 드럼의 회전수에 의하여 배출개시시, 1/4배출시, 1/2배출시, 3/4배출시 및 배출종료시의 5 개부위로 나누어 시 료를 약 60ℓ씩 채취하고 레미콘운반차 10대분 에 대하여 시험을 실시하였다. 이때 시료채취 부위를 편의상 처음부터 순서대로 1에서 5까 지 표시하였다. 실험항목은 표-6과 같으며 굵 은 골재량의 측정은 KSF 2411 군지 않은 콘크 리트의 씻기분석 시험방법에 의하여 시료를 10ℓ 채취하여 실시하였으며 탄성계수는 스트레인미 터에 의한 정탄성계수를 구하였다. 본 시험기

간중의 대기온도와 콘크리트온도는 20℃~28℃ 정도였다.

2-3. 콘크리트의 배합

출하레미콘 규격 가운데서 출하빈도가 높은 순서에 따라 표-7과 같은 4 종류의 배합을 사 용하였다.

2-4. 운반차의 구조

본 실험에 사용된 운반차는 국내에서 생산된 드럼용량 10.5m³ 최대적재가능용량 7.5m³로서 드럼을 15회 역회전시키므로써 6 m³의 콘크리 트를 완전히 배출시킬 수 있는 그림-1과 같은 구조를 갖춘 중력식 트럭 에지테이터이며 드 럼내부에는 2 개의 교반날개가 나사모양 으로 설치되었다.

표 6. 실험 항목

항목 \ 운반차	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
슬 럼 프	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
굵 은 골 재 량	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
압축강도(28일)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
탄성계수(")	○	○	○	○	○	-	-	-	-	-
인장강도(")	-	-	-	-	-	○	○	○	○	○

표 7. 콘크리트의 배합

구 분	W/C (%)	S/A (%)	단 위 재 료 량(kg/m ³)			
			물	시 멘 트	잔 골 재	굵은골재
배 합-1	55	41	200	366	729	1,069
배 합-2	55	40	187	342	732	1,119
배 합-3	60	41	185	310	764	1,121
배 합-4	60	42	195	327	765	1,077

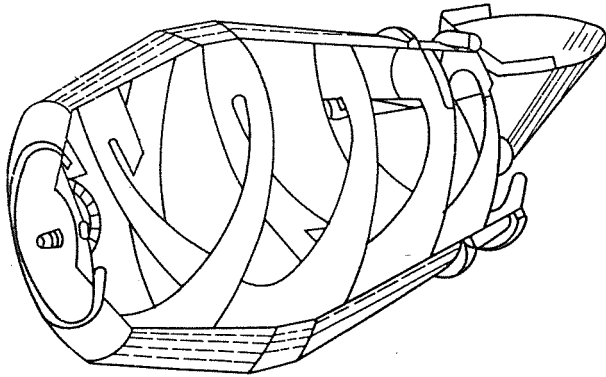


그림 1. 에지테이터 드럼의 구조

3. 실험결과

공장에서 출하한 레미콘을 약60분간 수송하여 현장에 도착한 후 배출순서에 따라 굳지 않은 콘크리트 및 경화한 콘크리트의 특성에 대하여 실험한 결과를 정리한 것이 표-8이다.

4. 실험결과에 대한 고찰

4-1. 에지테이터 드럼 내의 부위별 슬럼프 값에 대한 고찰.

부위별로 시료를 채취하여 슬럼프값을 측정한 다음 전체 슬럼프값의 평균치와 각 부위별

표 8. 레미콘의 품질실험 결과

구 분	채취위치	슬럼프 (cm)	굵은골재량 (kg/m ³)	압축강도 (kgf/cm ²)	탄성계수 (×10 ⁹ kg/cm ²)	인장강도 (kg/cm ²)
배합-1	1	11	1049	248	2.20	-
	2	13	1003	249	2.03	-
	3	14	955	250	2.01	-
	4	13	964	244	2.20	-
	5	11.5	984	244	1.82	-
	1	15.5	1203	208	2.35	-
	2	17	1178	206	2.66	-
	3	17	1069	211	2.30	-
	4	18	1175	211	2.36	-
	5	17	1150	219	2.59	-
배합-3	1	7	1021	202	-	22
	2	6	985	204	-	23
	3	7	991	210	-	23
	4	7	1013	214	-	23
	5	6	1008	214	-	24
	1	9	1093	292	-	21
	2	9.5	1025	282	-	21
	3	10.5	984	272	-	21
	4	10	989	281	-	16
	5	10.5	1015	281	-	20
	1	7	1165	216	-	22
	2	7.5	1077	216	-	22

	3	8	1062	207	-	21
	4	8.5	1051	209	-	21
	5	9	1093	207	-	21
배합 - 2	1	11	1094	229	2.03	-
	2	11	1032	234	2.29	-
	3	10.5	1003	228	2.19	-
	4	12	1071	231	2.14	-
	5	10	1118	231	2.28	-
	1	7.5	1025	225	-	25
	2	8	1010	220	-	22
	3	8.5	974	223	-	23
	4	8	995	211	-	23
	5	7	979	240	-	21
배합 - 4	1	11.5	1017	180	1.89	-
	2	14	887	191	1.95	-
	3	14	999	178	1.01	-
	4	11.5	1012	177	1.98	-
	5	12.5	1002	183	1.71	-
	1	11.5	1034	222	2.11	-
	2	12	1030	195	2.02	-
	3	13	983	193	2.02	-
	4	13	1039	195	2.01	-
	5	11.5	1070	202	2.04	-
	1	10.5	1087	214	-	23
	2	12.5	974	215	-	21
	3	13.5	1025	201	-	22
	4	13.5	1041	203	-	22
	5	10	1124	229	-	21

슬럼프값과의 차를 구하여 슬럼프의 변동값이라 정의하고 레미콘 운반차 10대에 대하여 각 부위별로 평균값과 표준편차를 구하여 그림으로 정리한 것이 그림-2이다.

이 그림에서 레미콘의 배출개시시(시료채취 부위번호: 1)나 배출종료시(시료채취 부위번호: 5)의 슬럼프값은 중간부위(시료채취 부위번호: 3)보다 작은 값을 알 수 있으며 슬럼프값은 평균적으로 1.5cm 정도의 차이가 있다. 또한 각 시료의 채취 부위별 표준편차는 0.6~0.9 cm 범위에 속하며 시료채취 부위에 따라 거의

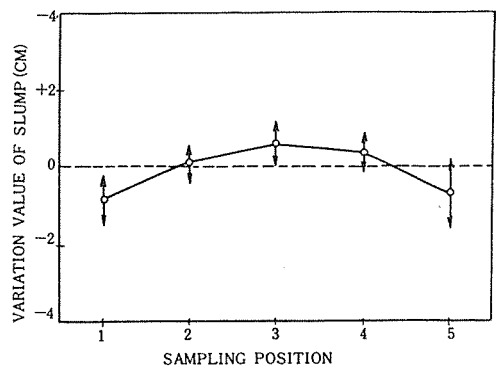


그림 2. 시료채취 부위별 슬럼프의 변동값

일정하다. 그런데 레미콘 운반차의 성능에 관한 규정에는 레미콘의 용량중 1/4부위와 3/4부위에서 각각 시료를 채취하여 슬럼프 시험을 했을 때 그차가 3cm 이내라야 한다고 되어 있으며 본 실험에서는 슬럼프값의 차가 0.5cm 정도의 범위에 있으므로 국산 에지테이터 드럼의 성능이 규정을 충분히 만족하는 결과로 평가할 수 있겠다.

4-2. 에지테이터 드럼 내의 부위별 굵은 골재량에 대한 고찰.

현장에 운반된 레미콘을 앞의 5 개소에서 각각 부위별로 시료채취하여 췌기시험에 의한 굵은골재량을 조사하여 레미콘의 재료분리상태의 한 참고값으로 삼고자 한다.

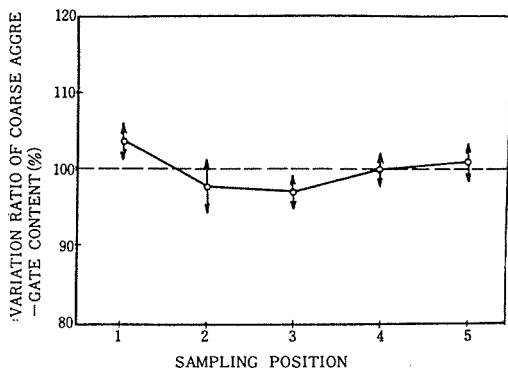


그림 3. 시료채취 부위별 굵은골재량의 변동비

그림-3은 각 부위별로 채취한 시료에서 굵은골재량을 측정한 다음 전체 굵은골재량의 평균값과 각 부위별 굵은골재량의 백분율을 구하여 굵은골재량의 변동비라 정의하고 운반차 10대에 대하여 각 부위별로 평균값과 표준편차를 구한 것이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 레미콘 배출개시시의 굵은골재량의 평균값이 약 4% 정도 많으며 중간부위에서 3% 정도 적은 것을 알 수 있다. 그리고 부위별 표준편차는 2~4% 정도로 거의 일정하다. 일반적으로 에지테이터 드럼 속의 굵은골재는 중앙부에서 내측

과 외측으로 치우치는 경향이 있으며 이러한 현상때문에 드럼의 중앙부에는 모르터의 양이 다소 많아질 것으로 예상된다.

4-3. 에지테이터 드럼 내의 부위별 강도에 대한 고찰.

레미콘 운반차 내의 부위별 콘크리트의 압축강도·인장강도 및 탄성계수를 측정하여 평균값과 표준편차로 정리한 것이 그림-4~그림-6이다.

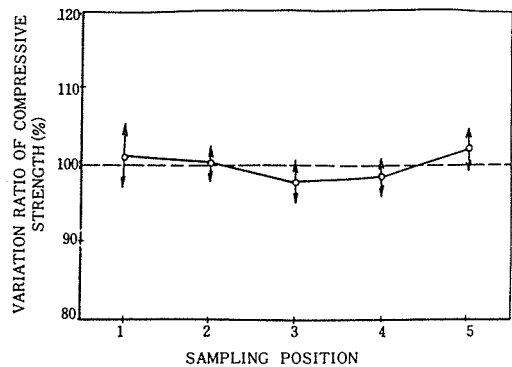


그림 4. 시료채취 부위별 압축강도의 변동비

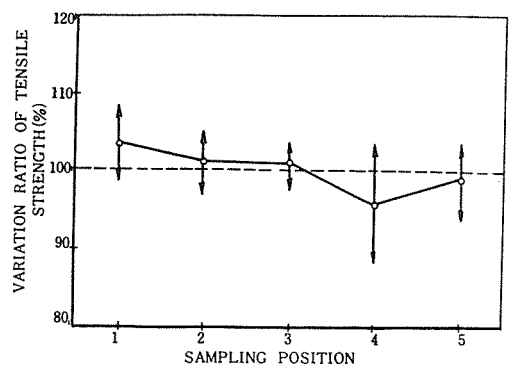


그림 5. 시료채취 부위별 인장강도의 변동비

그림-4는 시료채취 부위별 압축강도의 변동상태로서 중간부위에서 채취한 시료의 압축강도가 평균값보다 약 2% 정도 작으며 배출개시시와 배출종료시에 채취한 시료의 압축강도는

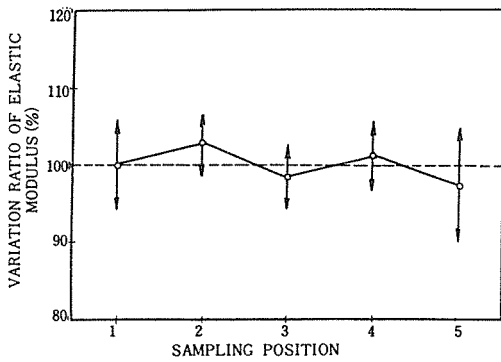


그림 6. 시료채취 부위별 탄성계수의 변동비

1~2% 정도 크게 나타났다. 부위별 압축강도의 표준편차는 2~4% 정도였으며 특히 배출개시 시와 배출종료시가 다소 크게 나타났다. 이러한 결과는 입자와 비중이 큰 굵은골재가 중앙 부위에서 외측과 내측으로 분리되는 경향과 관계가 있다고 생각된다.

인장강도의 경우에는 그림-5에서와 같이 표준편차가 3~8% 범위로 너무 크기 때문에 부위별 인장강도의 크기를 비교하기 어려웠다.

또한 탄성계수의 표준편차도 4~8% 범위로 매우 커서 부위별 탄성계수의 변화를 파악하기 어려웠다.

4-4. 레미콘의 슬럼프와 강도와의 상관관계에 대한 고찰

지금까지 레미콘 운반차 내의 각 부위에 따른 품질의 변동상태를 슬럼프, 굵은골재량, 압축강도 및 인장강도와 탄성계수값으로 검토하였으며 이들값 사이에 어떤 상관관계가 있는지 알아보기 위하여 정리한 것이 그림-7~그림-9이다.

그림-7은 레미콘 운반차 내의 슬럼프의 변동값과 압축강도의 변동비와의 관계를 정리한 것이다. 이 그림에서 슬럼프값이 1cm 증가하는데 따라 압축강도는 약 1% 정도 저하됨을 나타내고 있으며 양자간의 상관계수는 -0.37 이었다.

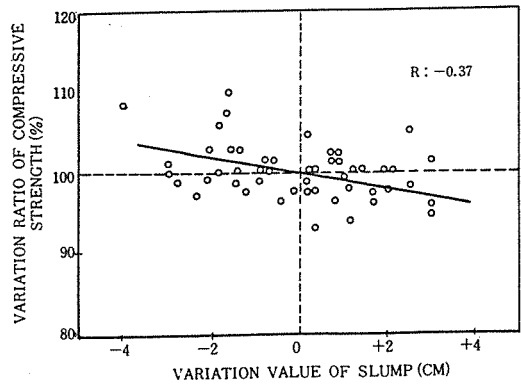


그림 7. 슬럼프의 변동값과 압축강도 변동비와의 관계

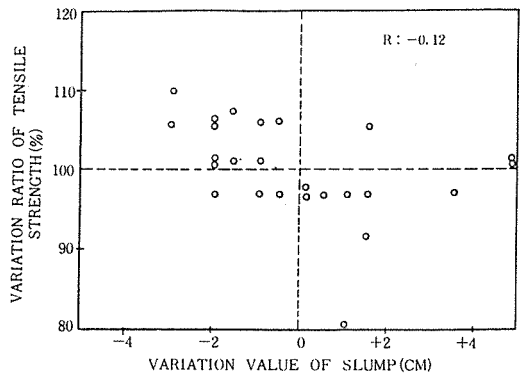


그림 8. 슬럼프의 변동값과 인장강도 변동비와의 관계

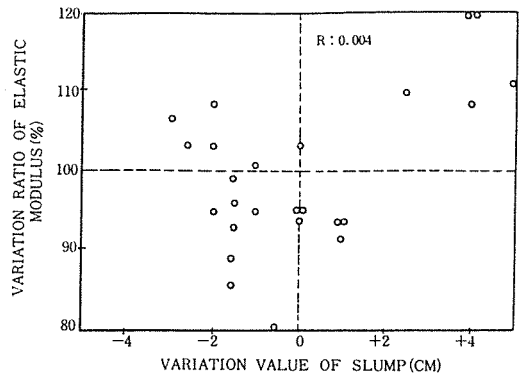


그림 9. 슬럼프의 변동값과 탄성계수 변동비와의 관계

그림-8, 그림-9는 레미콘 운반차 내의 슬럼프의 변동값에 대한 인장강도 및 탄성계수의 변동비와의 관계를 정리한 것이다. 이들 그림에서 슬럼프의 변동값과 인장강도의 변동비 및 탄성계수의 변동비와의 사이에는 각각 상관계수가 -0.12 와 0.004 로서 상관관계를 찾기가 어려웠다.

4-5. 레미콘의 굵은골재량과 슬럼프 및 강도의 상관관계에 대한 고찰

레미콘 운반차 내의 굵은골재량의 변동비와 슬럼프의 변동값 및 강도의 변동비에는 어떤 상관관계가 있는지 알아보기 위하여 정리한 것이 그림-10~그림-13이다.

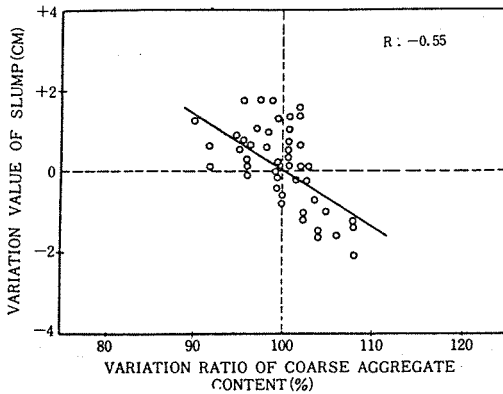


그림 10. 굵은골재량의 변동비와 슬럼프의 변동값과의 관계

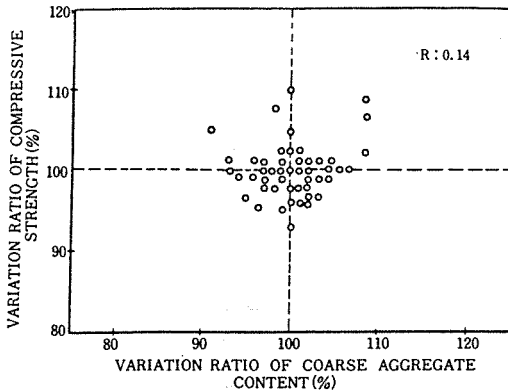


그림 11. 굵은골재량의 변동비와 압축강도의 변동비와의 관계

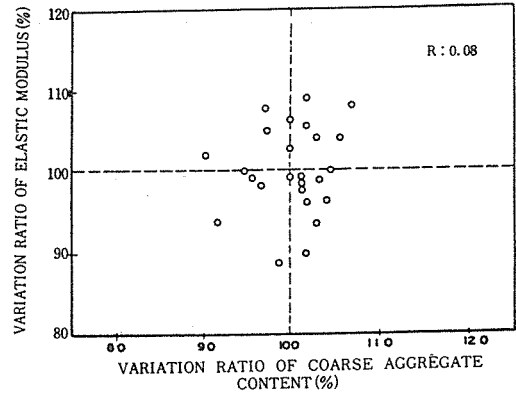


그림 12. 굵은골재량의 변동비와 탄성계수의 변동비와의 관계

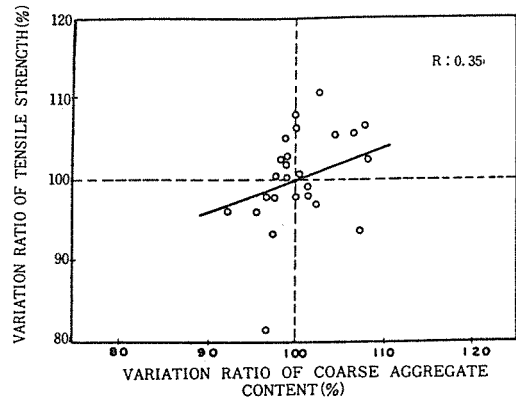


그림 13. 굵은골재량의 변동비와 인장강도의 변동비와의 관계

그림-10은 굵은골재량의 변동비와 슬럼프의 변동값과의 관계를 정리한 것이다. 이 그림에서 양자 사이에는 -0.55 의 상관계수를 나타냈으며 굵은골재량이 증가하는데 따라서 슬럼프 값이 감소되는 경향이 있음을 알 수 있다. 그림-11과 그림-12는 굵은골재량의 변동비와 압축강도 및 탄성계수의 변동비 관계를 정리한 것으로서 이들 사이에는 상관계수가 각각 0.14 와 0.08 로서 상관관계를 찾아볼 수 없었다. 그림-13은 굵은 골재량의 변동비와 인장강도의 변동비의 관계를 정리한 것이다. 이들 사이에는 상관계수 0.35 로서 약한 상관관계를 나타냈으며 인장강도의 변동비는 굵은골재량의 변

동비가 증가하는데 따라 증가되는 경향을 나타냈다.

이상의 결과를 종합해 보면 표-9와 같으며 에지테이터 드럼 내의 품질은 얼마간 차이가 있으며 굵은골재량이 많이 포함된 부위 즉 배출개시시와 배출종료시에 해당되는 부위의 압축강도가 대체로 크며 이 부위의 슬럼프값이 적은 것을 알 수 있었다.

표 9. 에지테이터 드럼내의 레미콘의 품질평가

항목 \ 부위	개시시	중 간	종료시
슬럼프값	1cm 작다	0.5cm 크다	0.5cm 작다
굵은골재량	4% 많다	3% 적다	1% 많다
압축강도	1% 크다	2% 낮다	2% 크다

5. 결 론

1. 국산 에지테이터 드럼을 사용한 레미콘의 배출개시와 배출종료시의 슬럼프값은 중간부위

에서 채취한 시료의 슬럼프값보다 작은 경향을 나타냈으며 중간부위와 배출개시시의 슬럼프값의 차는 평균적으로 1.5cm 정도이며 국산 레미콘 운반차의 성능은 한국공업규격을 만족하는 결과임을 확인하였다.

2. 에지테이터 드럼의 배출개시시에 채취한 시료의 씻기실험에 의한 굵은골재량은 전체 굵은골재량의 평균값보다 약 4% 정도 많았고 중간부위에서는 반대로 약 3% 정도 적었으며 이러한 현상은 굵은골재가 외측과 내측으로 얼마간 이동하는 경향 때문으로 생각된다.

3. 에지테이터 드럼 내의 부위별 압축강도 실험결과를 살펴보면 중간부위의 압축강도가 평균값보다 약 2% 정도 낮으나 배출개시시와 배출종료시의 압축강도는 오히려 1~2% 정도 크게 나타났다. 한편 인장강도와 탄성계수는 실험여차가 비교적 크기 때문에 이들 값에 대한 유의차를 알 수 없었다. *

오염되고 후회 말고 늦기전에 환경보전