



아스팔트 플랜트에서의 골재 유출량 시험과 적용

Aggregate Flow Test and applications for Asphalt Batch Plant

정규동* 황성도** 김영민*** 양성린**** 임광수*****
 Jeong, Kyu-Dong Hwang, Sung-Do Kim, Yeong-Min Yang, Seong-Lin Im, Gwang-Su

1. 서 론

최근에 시공현장에서는 아스팔트 혼합물을 납품하기 위해서 실내 배합설계, 골재 유출량, 현장 배합설계 등의 결과 자료를 필수 요구사항으로 아스팔트 플랜트에 요구하고 있다. 이는 실내배합설계 결과만으로는 아스팔트 혼합물을 적합하게 생산할 수 없다는 기본 인식을 기반으로 하고 있다.

그런데, 골재 유출량 시험에는 반나절 정도의 시간이 소요되며, 골재의 변화가 있을 때마다 재시험을 해야하므로 본 연구에서는 골재 유출량 시험의 시간을 줄이기 위한 방안과 생산과정에서의 골재 변화를 알아보기 위해 골재 유출량 시험 결과 전·후의 편장석율 등을 연구하였다.

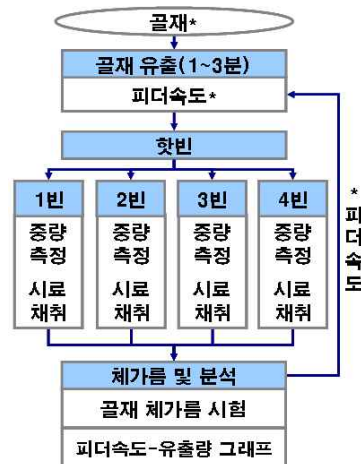
2. 골재 유출량 시험 및 분석 방법

골재 유출량 시험과 현장 배합설계는 콜드빈의 골재 유출속도 및 골재 계량 중량을 결정하기 위한 시험으로써, 골재 유출량 시험에 의해 콜드빈의 골재 유출량과 핫빈에 쌓이는 골재량 및 골재입도 등을 예상하고, 현장 배합설계로 아스팔트 함량 및 계량중량을 결정한다.

아스팔트 플랜트의 콜드빈은 골재저장장치, 콜드게이트, 콜드피더 등으로 구분할 수 있다. 골재저장장치는 골재를 임시로 저장하는 시설로 호퍼방식과 사일로 방식으로 나눌 수 있으며, 콜드피더는 회전피더, 왕복피더, 진동피더 등으로 나누어진다. 국내에서는 대부분 호퍼방식과 회전피더를 채택하고 있으며, 호퍼의 하부에 회전피더가 설치되어 있다. 골재 유출량은 콜드게이트의 높이와 피더 속도로 결정되며, 대부분 콜드게이트의 높이는 고정하고, 피더의 속도를 조정실에서 조정하여 골재를 유출한다.

골재 유출량 시험은 사용하는 골재 종류별로 2종 이상의 피더속도로 골재를 콜드빈에서 유출하며 유출된 양을 계산하는 과정이다.

시험 방법은 건설교통부의 ‘아스팔트 포장의 소성변형 저감을 위한 지침’의



·골재 : 소요골재 각각에 대해 시험함
 ·피더속도 : 최소, 중간, 최대 등 3번 시험함

〈그림 1〉 골재 유출량 시험 방법

* 정회원 · 한국건설기술연구원 도로시설연구실 연구원 · 공학박사수료 · 031-910-0183(E-mail:kdjeong@kict.re.kr)
 ** 정회원 · 한국건설기술연구원 도로시설연구실 선임연구원 · 공학박사 · 031-910-0180(E-mail:sdhwang@kict.re.kr)
 *** 정회원 · 한국건설기술연구원 도로시설연구실 연구원 · 공학석사 · 031-910-0148(E-mail:choozang@kict.re.kr)
 **** 정회원 · 한국건설기술연구원 도로시설연구실 연구원 · 공학석사 · 031-910-0614(E-mail:siyang@kict.re.kr)
 ***** 정회원 · 국토해양부 간선도로과 사무관 · 02-2110-8719(E-mail:lim579@mltm.go.kr)



부록1에서 제시한 ‘오버플로우를 방지할 수 있는 콜드빈 유출량 시험’ 에서 핫빈에서 유출량을 계량하는 방법을 개선한 유출량 시험시에 각 콜드빈 골재별 핫빈 시료를 채취하여 입도시험을 실시하여 예상입도를 구하는 방법(정규동외(2006), <그림 1>)에 따랐다.

본 연구에서는 골재 유출량은 일정 단면적의 골재가 콜드빈 모터의 속도에 따른 콜드빈 피더의 분당 회전속도에 비례할 것으로 가정하였다. 따라서, 콜드빈 피더의 회전속도를 미리 측정하면, 실제 콜드빈 골재의 유출량 시험을 1종의 RPM으로 시험하여도 3종의 RPM에 따른 유출량을 얻을 수 있으므로, 시험시간을 줄일 수 있을 것으로 예상하였다.

이에 따라 다음과 같은 방법으로 4개의 콜드빈 피더 속도를 3회에 걸쳐 측정하고, 1종의 RPM에 따른 유출량으로부터 3종의 RPM에 해당하는 유출량을 계산하였다.

- ① 콜드빈 피더를 3종의 RPM으로 회전시킨 후 각각 1회전에 필요한 시간(초)을 측정하였다.
- ② 사이클당 시간을 분당 사이클로 변환시켜 계산하였다.
- ③ 콜드빈 피더의 속도를 측정한 RPM 중의 한 가지 RPM으로 골재를 유출하여 핫빈의 중량 및 전체 중량을 계근하였으며, 핫빈의 중량비를 계산하였다.
- ④ 계근된 중량을 이용하여 1사이클에 해당하는 중량을 계산하였다.
- ⑤ 1사이클에 해당하는 중량과 각 RPM의 분당 사이클을 곱하여 해당 RPM의 중량을 계산하였다.
- ⑥ 총중량을 기준으로 실제 유출하여 구한 핫빈의 중량비에 따라 각 핫빈의 예상 유출량을 계산하였다.

또한, 콜드빈 모터속도에 골재의 무게가 미치는 영향을 검토하기 위하여 콜드빈에 골재가 없을 때의 유출속도와 아스팔트 혼합물 생산시와 동일한 높이로 콜드빈에 골재를 채웠을 때의 유출속도를 비교하였으며, 유출량 시험 전후의 골재 편장석율을 비교하였다. 본 연구를 위한 시험은 대구 인근의 플랜트에서 실시하였으며, 화강암 골재가 사용되었다.

3. 시험결과 및 고찰

3.1. 콜드빈 피더의 속도 측정

<표 1>과 같이 골재가 콜드빈에 채워져 있을 때에는 CB-2 콜드빈의 경우 약 5% 정도 감속되었으나, 잔골재는 약 3~1% 증가되었으며, 일부 RPM에서 증가되는 것으로 나타났다.

<표 1> 콜드빈 골재 피더의 회전속도

골재종류		CB-1			CB-2			CB-3			CB-4		
		25mm			20mm			13mm			잔골재		
RPM		400	600	800	400	600	800	400	600	800	400	700	1000
피더속도 (초/회)	골재무	30.8	20.7	15.1	30.0	20.4	15.0	32.8	21.6	15.9	33.1	18.4	12.4
	골재유	31.2	20.1	15.2	32.7	21.3	15.9	31.9	21.7	16.1	31.9	18.3	12.2
피더속도 (사이클/분)	골재무(a)	1.95	2.90	3.97	2.00	2.94	4.00	1.83	2.78	3.78	1.82	3.26	4.85
	골재유(b)	1.93	2.98	3.94	1.83	2.81	3.77	1.88	2.77	3.74	1.88	3.29	4.92
	차이(b-a)	-0.02	0.08	-0.03	-0.17	-0.13	-0.23	0.05	-0.01	-0.04	0.06	0.03	0.07
	비율	99	102.8	99.2	91.5	95.6	94.3	102.7	99.6	98.9	103.3	100.9	101.4



따라서, 콜드빈에 골재가 없는 상태에 대해 골재가 쌓여 있을 때의 피더속도의 변동 폭은 -9.0~3.5%인 것은 알 수 있었으나, 일정한 관계성을 확인할 수는 없었다.

3.2. 콜드빈 골재 유출량

콜드빈 골재를 실제 3종의 RPM으로 유출하여 구한 유출량은 <표 2>와 같다. 그리고, <표 3>은 <표 1>의 피더속도와 CB-1, CB-2, CB-3 은 600RPM, CB-4는 700RPM으로 실제 유출한 값으로 나머지 RPM에 대해 계산하여 얻은 유출량이다.

이 결과 실제 값에 대하여 최대 49% 정도 많거나, -7% 정도 적게 예상된 것으로 나타났다. 그리고, 각 빈의 중량도 예상치와 비교하면, CB-1의 800RPM의 결과와 같이 전체 중량은 실제 값과 0.3% 정도의 차이만 발생하였지만 1빈은 -26.2%, 3빈은 -16.1% 등의 차이가 발생하여 많은 편차가 있음을 확인하였다.

<표 2> 콜드빈 모터 속도별 실측 골재 유출량

구분	모터속도 (rpm)	핫빈 분당계량량(kg/분)				
		1빈	2빈	3빈	4빈	계
CB-1 (25mm)	400	26	12	316	497	852
	600	40	18	459	746	1,264
	800	42	24	523	1,086	1,675
CB-2 (20mm)	400	22	65	599	17	703
	600	30	91	946	29	1,095
	800	41	106	1,283	43	1,472
CB-3 (13mm)	400	102	456	84	0	643
	600	147	698	129	0	974
	800	301	751	182	0	1,233
CB-4 (잔골재)	400	628	47	0	0	674
	700	1,149	135	0	0	1,284
	1,000	1,603	415	0	0	2,018

<표 3> 콜드빈 피더 속도를 이용한 계산된 골재 유출량

구분	모터속도 (rpm)	핫빈 분당계량량(kg/분), (실제유출량과의 차이%)				
		1빈	2빈	3빈	4빈	계
CB-1 (25mm)	400	20(23.1%)	9(25%)	222(29.7%)	361(27.4%)	611(28.3%)
	600	40	18	459	746	1,264
	800	53(-26.2%)	23(4.2%)	607(-16.1%)	986(9.2%)	1,670(0.3%)
CB-2 (20mm)	400	10(54.5%)	30(53.8%)	308(48.6%)	10(41.2%)	357(49.2%)
	600	30	91	946	29	1,095
	800	40(2.4%)	121(-14.2%)	1,267(1.2%)	39(9.3)	1,467(0.3)
CB-3 (13mm)	400	67(34.3%)	316(30.7%)	58(31%)	0	441(31.4%)
	600	147	698	129	0	974
	800	199(33.9%)	944(-25.7%)	175(3.8%)	0	1,317(-6.8%)
CB-4 (잔골재)	400	438(30.3%)	51(-8.5%)	0	0	489(27.4%)
	700	1,149	135	0	0	1,284
	1,000	1,719(-7.2%)	202(51.3%)	0	0	1,921(4.8%)



핫빈의 실제 분당계량량이 RPM에 따라 차이가 발생한 이유를 분석하기 위해 각 RPM에서 핫빈의 중량 비율을 계산한 결과 <표 4>와 같이 주되는 핫빈(CB-1의 경우는 4빈)의 중량비율은 RPM이 증가하면서 비율도 증가하고, 그 아래 핫빈의 중량 비율은 줄어드는 것을 발견하였다. 이는 골재량이 증가하면서 핫스크린에서의 체가름 효과가 낮아지기 때문으로, 핫스크린에서 체가름 효율이 낮아지면서 골재가 스크린을 통과하지 못하기 때문에 상위 핫비에 쌓이게 되고, 이에 따라 하위 핫빈에는 그 만큼 적게 쌓인 것으로 판단되었다.

이 결과에 따르면 RPM 속도에 따라 각 핫빈에 저장되는 골재의 중량 비율이 변화되기 때문에 콜드빈 골재 유출량 시험을 각 골재에 대하여 최소 2종 이상의 RPM 으로 시험하여야 하는 것으로 나타났다. 그리고, 핫엘리베이터로부터 공급된 골재의 양에 따른 핫스크린의 효율이 변화되므로, 콜드빈 골재 유출량 시험 결과는 현장 배합설계 과정을 거치면서 약간 조정이 필요할 것으로 사료된다.

그리고, <표 4>의 콜드빈 골재별 중량 비율을 이용하여 적합한 핫스크린이 설치되어 있는지 여부와 파손이나 막혀 있는지 등을 검토할 수 있었다. 콜드빈 골재의 입도와 비교하여 핫빈 분당계량비율이 비슷한 범위 내에 있을 경우에는 핫스크린이 적합하지만, 20mm나 13mm 골재를 유출했는데, 1빈에 많은 비율이 유출되는 것과 같은 경우에는 체의 파손 여부 등을 점검하여야 할 것이다.

<표 4> 콜드빈 모터 속도별 골재 유출비율

구분	모터속도 (rpm)	핫빈 분당계량비율(%)				
		1빈	2빈	3빈	4빈	계
CB-1 (25mm)	400	3	1	37	58	100
	600	3	1	36	59	100
	800	3	1	31	65	100
CB-2 (20mm)	400	3	9	85	2	100
	600	3	8	86	3	100
	800	3	7	87	3	100
CB-3 (13mm)	400	16	71	13	0	100
	600	15	72	13	0	100
	800	24	61	15	0	100
CB-4 (잔골재)	400	93	7	0	0	100
	700	89	11	0	0	100
	1,000	79	21	0	0	100

3.3. 골재의 편장석율

콜드빈 골재의 편장석율과 핫빈에서 채취한 골재의 편장석율을 비교 분석한 결과 <표 5>와 같이 편장석율이 2~3% 정도 감소하였음을 알 수 있었다. 이 때 핫빈 골재의 편장석율은 핫빈에서 채취한 골재의 편장석율을 핫빈의 비율에 따라 환산한 편장석율이었다.

편장석율은 드라이어에서 가열되며 통과하는 과정과 핫스크린에서 체가름되는 과정 등에서 서로 부딪치며 마모되어 감소되었으며, 이에 따라 핫빈의 골재는 콜드빈 골재와 다른 입도를 나타낼 것으로 판단되었다.



〈표 5〉 골재의 편장석율

구분	25mm	20mm	13mm
콜드빈 골재	6.8%	10%	7.6%
핫빈 골재	4.4%	6.9%	4.1%

4. 결론

아스팔트 플랜트에서 콜드빈 골재 유출량 시험한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 콜드빈 피더의 모터속도를 이용하여, 콜드빈 골재를 1개의 RPM에 대하여 유출하는 방법은 실제 유출량과 비교하여 차이가 크게 발생하여 활용하지 못할 것으로 판단되었다.
2. 콜드빈 골재의 각 핫빈의 유출비율은 RPM의 속도에 따라 차이가 발생하므로 이를 고려하여 현장 배합설계를 수행하여야 한다.
3. 골재의 편장석율을 콜드빈 골재 유출량 시험 전·후로 비교한 결과 2~3%정도 줄어드는 것으로 나타났으며, 현장 배합설계에서는 이와 같은 요인에 따른 골재 입도 변화를 고려하여야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 논문은 국토해양부에서 지원한 “한국형 포장설계법 개발과 포장성능 개선방안 연구” 의 일부 연구결과입니다.

참고문헌

1. 건설교통부(2005), “아스팔트 포장의 소성변형 저감을 위한 지침”
2. 정규동, 황성도, 김영민, (2006) “아스팔트 포장을 위한 개선된 골재 유출량 시험 및 현장 배합설계 방안, “ 2006 한국도로학회 학술발표회