

# 공항 콘크리트포장 조인트 실런트의 내유특성 비교 연구

## Jet Fuel Oil Resistance of Concrete Joint Sealant Materials

박태순\* · 김원주\*\* · 조혁기\*\*\* · 이근식\*\*\*\*

Park, Tae Soon · Kim, Won Ju · Cho, Hyuk Ki · Lee, Keun Sik

### 1. 서론

공항지역에서의 무근콘크리트포장의 줄눈부에 사용되는 조인트 실런트 재료는 도로포장에서 사용되는 조인트 실런트 재료와는 달리 항공기가 이착륙할 때 엔진에서 방출되는 고열(후폭풍)과 계류장에서 항공기의 정비 또는 급유시 항공유의 유출에 대한 저항성이 있는 재료의 선정이 필요하다. 항공기용 연료는 자동차용 연료와 달리 등유에 가솔린 혼합물과 산화방지제, 부식방지제, 결빙방지제, 정전기방지제 등을 첨가하였기 때문이다.

본 연구에서는 공항에서 사용되는 조인트 실런트 재료로 폴리설파이드(Poly-sulfide)계, 폴리우레탄(Poly-urethane)계, 실리콘(Silicone)계에 대한 각각의 시험 시편을 제작하여 본 연구에서 고안한 윤하중 주행 시험, 접착인장강도 시험, 내유성 시험 등을 항공유에 노출되었을 경우와 노출되지 않았을 경우의 조건으로 비교시험을 실시하여 각각의 실런트 재료에 대한 특성과 성능에 대하여 비교검토하였다.

### 2. 성능분석

#### 2.1 항공기용 연료의 특성

민간 항공기에 사용하는 가스터빈 엔진에는 등유에 휘발유 혼합물과 산화방지제, 부식방지제, 결빙방지제, 정전기방지제, 미생물 살균제 등을 첨가한 제트연료인 JET A-1을 연료로 사용한다. 이 연료는 자동차용 가

표 1. 항공유 JET A-1에 대한 품질 기준 및 시험결과

시험항목	규격	최소	최대	평균	표준편차	
비중, 15/4℃ <sup>1)</sup>	0.775~0.830	0.7973	0.8036	0.7969	0.0032	
인화점(℃)	38 이상	42.5	46.0	44.5	0.7817	
석출점(℃)	-47 이하	-51.0	-47.0	-48.0	1.0589	
중류실점 ℃	초류점	보 고	151.1	167.2	157.4	4.2526
	10% 중류점	204 이하	172.1	174.9	173.6	0.7500
	20% 중류점	보 고	179.4	182.1	180.6	0.7418
	50% 중류점	보 고	197.6	202.4	199.9	1.1439
	90% 중류점	보 고	236.3	249.1	240.6	3.3097
	중류점	300 이하	253.8	272.4	260.4	4.5790
	잔류율:vol,%	1.5 이하	1.0	1.0	1.0	0.0000
손실율:vol,%	1.5 이하	1.0	1.0	1.0	0.0000	
미립협잡물 <sup>2)</sup> (mg/ℓ)	1.0	0.4	0.9	0.5	0.1316	
유황분(무계, %)	0.3 이하	0.01	0.24	0.16	0.0887	
동점도, -20℃	8.0 이하	4.568	5.012	4.814	0.1867	
방향족함량vol,%	22.0 이하	17.3	18.6	17.9	0.5477	
올레핀함량vol,%	5.0 이하	1.1	2.0	1.4	0.4184	

\*정회원 · 서울산업대학교 토목공학과 교수(tpark@snut.ac.kr)

\*\*정회원 · (주)서영기술단 감리팀 부장(doroman00@hanmail.net)

\*\*\*정회원 · (주)서영기술단 도로1팀 대리(brownhk@empal.com)

\*\*\*\*정회원 · 서울산업대학교 토목공학과 대학원(kshobbang@empal.com)



솔린에 비하여 단위중량 당 발열량이 높고 -45℃에서도 결빙되지 않을 정도로 빙점이 낮으며 화재 발생을 방지하기 위하여 인화점이 높다. 표 1은 제트연료 JET A-1의 시험항목에 대한 품질 기준 및 시험결과를 정리한 것이다.

2.2 물리적 특성시험

Airside 지역에 사용되는 실린트 재료에 대하여 시방기준에 적합한 재료의 선정을 위해 시료를 무작위로 채취하여 미국의 공인기관인 D/L(David Litter)시험소에 품질시험을 의뢰하였다. 표2는 재료별 품질시험 결과이다.

표 2. 실린트 재료별 품질 시험 결과

(적합 : ○, 부적합 : ×)

시험항목	시방기준 (SS-S-200E) <sup>1)</sup>	시험 결과						
		P.S <sup>2)</sup> 1	P.S2	P.S3	P.S4	P.U <sup>3)</sup> 1	P.U2	P.U3
• 점도 - Part A - Part B	150,000CPS이하 150,000CPS이하	14,900 12,600	10,600 5,400	15,800 17,000	31,600 5,150	28,500 1,640	14,000 120	5,550 5,850
• Tack Free Time	12시간 이하	1 hr.	2 hrs.	2 hrs.	8 hr.	3 hrs.	3 hr.	3 hr.
• 가속노화 -Component A -Component B	-	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○
• 자체평탄 -고도면 -1.5%경사	3.2mm이하 1.6mm이하	0.100 0.060	0.100 0.050	0.100 0.050	0.100 0.050	0.100 0.050	0.100 0.050	0.100 0.050
• 연료침수후 중량변화	2.0%	1.2%	1.0%	1.9%	1.5%	3.1%	3.1%	2.0%
• 시험온도(70℃) 에서의 체적변화	5.0%	0.9%	3.5%	5.0%	4.6%	1.8%	7.6%	5.6%
• 탄성 -초기회복 -초기관입	75%이상 0.5~2.0mm	98% 0.7mm	92% 0.9mm	93% 0.5mm	91% 0.9mm	95% 0.8mm	96% 0.5mm	98% 0.8mm
• 인공기후에 대한 저항	표면에 연약해지지 않고, 기포가 없어야 할것.	○	○	○	○	○	○	○
• 인공기후의 체적 변화	5.0%	0.3%	2.2%	2.1%	2.2%	0.9%	4.2%	1.1%
• 콘크리트에 정착성 -침지전 정착 -침지후 정착 -물에 침지후 정착	표면에 미세균열이 없고, 표면에 열화나 탄성손실이 없을 것.	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○ × ○	○ ○ ○	○ × ○	○ ○ ○
• 불꽃저항	인화의 흔적이 없고 탄성손실이 없을.	○	○	○	○	○	○	○
• 흐름시험		○	○	○	○	○	○	○

주1) SS-S-200E : 미 연방 시방기준  
주2) P.S : 폴리설파이드계 실린트  
주3) P.U : 폴리우레탄계 실린트

2.3 성능시험

공항콘크리트포장 조인트 부위에 사용되는 실린트 재료인 폴리설파이드계, 폴리우레탄계, 실리콘계의 실린트 대한 윤하중 주행시험, 정착인장강도 시험, 내구성 시험은 시방규정 등에는 적용되어 있지 않으나, 항공기 이동에 따른 실린트 재료의 손상을 확인하기 위해 현장조건을 모사하여 시험을 실시하였다.

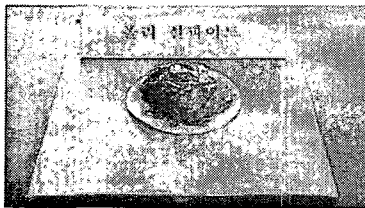


그림 1. 폴리설파이드계 실린트

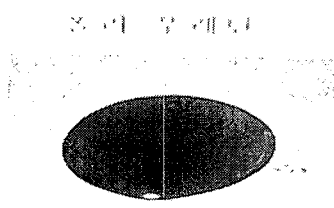


그림 2. 폴리우레탄계 실린트



그림 3. 실리콘계 실린트

2.3.1 윤하중 주행시험

윤하중 주행시험은 콘크리트 조인트와 실린트와의 정착성 및 내구성을 측정하기 위한 시험으로 공항



Airside 지역의 무근콘크리트포장의 조인트를 모사하기 위해 콘크리트 시험 시편(450mm×150mm×150mm)을 제작하였다. 각 실린트에 대한 윤하중 주행시험용 콘크리트 시험 시편의 조인트 실린트 부위를 항공유에 노출시킨 후 5000회의 윤하중을 주행시켜 바퀴가 지나간 부위를 육안으로 관찰하였다.

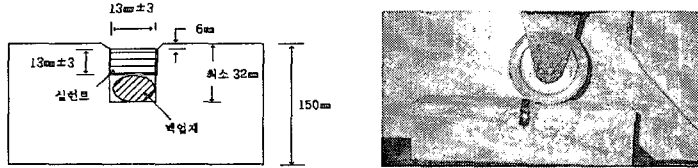


그림 4. 윤하중 주행시험용 콘크리트 시험 시편 모형도(좌) 윤하중 주행시험장면(우)

표 3. 윤하중 주행시험 결과

구 분	실 런 트		
	폴리설파이드계	폴리우레탄계	실리콘계
5000회 윤하중 주행시험	육안관찰한 결과 거의 변함없이 원상태 유지	육안관찰한 결과 거의 변함없이 원상태 유지	3000회에서 바퀴가 지나간 부위에서 콘크리트와 실리콘이 떨어짐.

2.3.2 접착인장강도 시험

접착인장강도 시험은 실린트 재료와 콘크리트와의 접착력을 측정하기 위한 시험으로 시험 시편은 공항콘크리트포장의 조인트 부위를 모사하기 위해 각 실린트 재료에 대해 시멘트 인장강도 시험 몰드에 제작하였다. 항공유에 침지 전 및 24시간 침지 후의 각 시험 시편에 대해 접착인장강도 시험을 실시하였다.

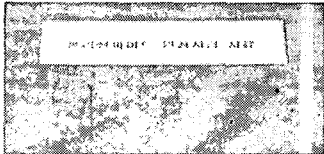


그림 5. 폴리설파이드계 실린트

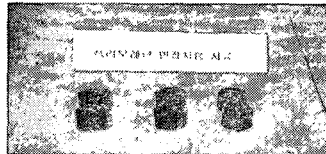


그림 6. 폴리우레탄계 실린트

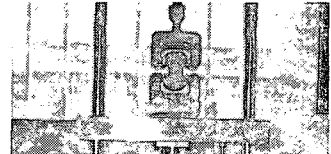


그림 7. 접착인장강도 시험장면

표 4. 접착인장강도 시험결과

구 분	폴리설파이드계		폴리우레탄계		실리콘계		비 고
	침지전	침지후	침지전	침지후	침지전	침지후	
최대하중(kg)	10.3	8.9	9.2	7.4	7.3	6.8	인장강도 = $\frac{P}{A}$
접착인장강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	0.82	0.70	0.74	0.59	0.58	0.54	

2.3.3 내유성 시험

내유성 시험은 시험 시편의 유류에 대한 침지 전·후의 질량변화를 측정하기 위한 시험으로 각 시험 시편의 항공유에 대한 침지 전·후(24시간)의 질량변화를 측정하였다.

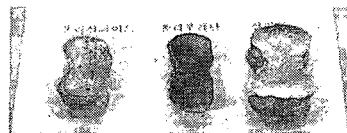


그림 8. 시험 시편을 항공유에 침지 후 꺼낸 상태



표 5. 내유성 시험결과

구 분	단 위	폴리설파이드	폴리우레탄	실리콘
항공유 침지 전	g	101.44	89.42	90.51
항공유 침지 후	g	100.38	84.85	134.24
증 감	%	1.04	5.11	48.31

2.4 시험결과 분석

실런트 재료에 대한 물리적 시험 및 성능시험에 대한 결과를 비교하여 표6에 나타냈다.

표 6. 시험결과 비교

구 분	단 위	실런트 종류			비 고	
		폴리설파이드	폴리우레탄	실리콘		
자체 시험	윤하중 주행시험	-	양호	양호	불량	
	접착인장 강도시험	(kg/cm <sup>2</sup> )	0.82 (0.7)	0.74 (0.59)	0.58 (0.54)	( ) : 항공유에 침지 후 시험결과
	내유성시험	%	우수 (1.04)	불량 (5.11)	불량 (48.31)	SS-S-200E 시방기준: 2%이하
품질 의뢰시험	SS-S-200E	-	만족	불만족	-	미국D/L시험소에 의뢰 시험결과

3. 결론

폴리설파이드계 실런트 재료는 윤하중 주행시험, 접착인장강도 시험, 내유성 시험 등에서 모두 우수한 것으로 나타났으나 폴리우레탄계와 실리콘계 실런트는 내유성 시험에서 부적합한 것으로 나타났다. 상기 시험 결과를 토대로 각 공항의 Airside 지역별로 요구되는 실런트의 특성을 감안하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 활주로 지역은 항공기가 이착륙하는 지역으로 내유성에는 크게 영향을 미치지 않으나 내열성에는 저항성이 커야 하기 때문에 폴리설파이드계의 실런트 재료가 적합한 것으로 평가되었다.
- 2) 유도로 지역은 항공기를 활주로나 계류장 지역으로 유도하기 위해서 대부분 서행으로 운항하는 지역이므로 내유성과 내열성에 크게 영향을 미치지 않기 때문에 경제적으로 유리한 폴리우레탄계의 실런트와 실리콘계의 실런트를 사용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 3) 계류장 지역은 승객과 화물을 싣고 내리기 위해서 대기 또는 항공기의 정비와 급유로 인한 항공유에 대한 노출이 심한 지역이므로 내유성이 큰 실런트를 사용해야 하기 때문에 폴리설파이드계의 실런트가 가장 적합한 재료로 판명되었다.

참고문헌

1. Ashok Gurjar, Dan G.Zollingger, and Tianxi Tang (1997) "Strain and Age Effects on Behavior of a Concrete Pavement Joint Sealant Material", Transportation Research Record 1529.
2. Ashok Gurjar, Hyung B. Kim. (1998) "Laboratory Investigation of Factors Affecting Bond Strength in Joint Sealants", Transportation Research Board, paper. No.98-1152.
3. Dennis A. Morian, Shelley Stoffels. (1998) "Joint Seal Practices in the United States Observations and Considerations", Transportation Research Board, paper. No.98-1346.