

페타이어를 이용한 고무아스팔트 포장

김 진 광*

1. 서 언

산업의 발달과 경제의 성장에 따라 도로의 역할은 점점 커지고 있으며, 그에 따른 이용자들의 욕구는 신속하고 안전하며 주행성이 좋은 포장면을 지닌 도로를 원하게 된다. 그러나, 급증하는 교통량과 차량의 중량화(重量化)와 대형화(大型化)에 따른 도로의 파손 및 노후화는 점차 심해지고 있다. 이는 우리나라뿐만 아니라 전세계적인 추세이며, 따라서 양질의 포장체를 구성하기 위한 새로운 소재의 개발에 많은 노력을 기울여왔으며, 그 중 고무아스팔트는 1960년 초반 미국의 아리조나주 운수국(運輸局)에서 성공적인 사용을 한 후 20년동안 포장의 내구성(耐久性)과 공용성(供用性)을 연장시키고 경제적인 포장공법으로 발전시키기 위해 연구를 계속해왔다. 우리나라에 있어서 고무아스팔트의 사용은 아직은 시험시공의 단계에 있으며 시험시공의 결과에 따라 확대시행 여부를 결정하게 될 것이다. 이 글은 남해고속도로의 지선에 위치한 西釜山洛東江橋에 '88년부터 시험시공한 결과를 토대로 작성하였으며,

따라서 이 글은 공식논문이나 기술적·학술적 체계가 정립되지 못한 상태에서 작성되어 필자의 개인적인 수집자료에 국한된 것임을 밝혀둔다.

2. 고무아스팔트의 개요

2-1. 고무아스팔트의 개발경위

차량의 대형화와 점증하는 교통량에 기인하는 도로의 파손 및 노후화, 잦은 보수작업에 따르는 교통체증과 보수비의 과다한 지출에 대한 해결책이 여러 각도로 강구되어오던중 특히 아스팔트포장의 가열혼합물에 대한 수명 등을 연장시키기 위한 첨가제 개발에 많은 노력을 기울여왔다.

이러한 노력의 결과가 안정성·내산화성 및 내균열성이 우수하며 골재를 피복하는 막의 두께가 두꺼워지고 고무 속에 함유된 카본블랙의 내산화성이 결합체의 산화에 대한 저항성을 강화시켜 포장수명이 길어지며, 점도가 높아 영구변형에 대한 저항성을 증가시키고 높은 탄성의 특성으로 반사균열과 열균열 발생에 대해 잘 견디므로 고무아스팔트가 포장재료로 도입되었다.

이는 분쇄한 재생고무분과 아스팔트의 혼합물로서, 심각한 폐기물인 막대한 양의 폐

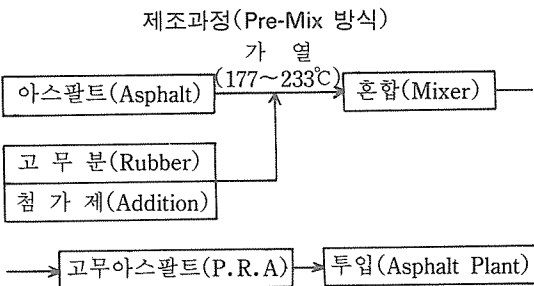
*한국도로공사 도로관리처 대리

타이어를 사용함으로써 환경보호측면에서 유리할뿐만 아니라 포장에 활용함으로써 경제적으로도 유리하여 세계적으로 연구의 관심이 되고 있다.

아스팔트에 고무성분을 첨가하는 방법은 합성고무인 라텍스를 아스팔트 믹싱 플랜트에서 아스팔트 혼합물을 제조할때 첨가하는 프랜트 믹스(Plant Mix) 방식과 아스팔트에 미리 고무입자를 첨가하여 겔(gel) 상태가 되게 하여 골재와 혼합·포장하는 프리믹스(Pre-Mix) 방식이 있다. 서부산낙동강교는 프리믹스 방식으로 시공하였다.

2-2. 고무아스팔트란?

포장용 아스팔트에 고무粉(보통 페타이어를 사용)을 177℃~233℃의 온도에서 10~30% 정도 넣어 혼합하는 것으로 겔(gel) 상태를 말하는데, 혼합물 생산과정에서 점성(粘性)



아스팔트 콘크리트의 가공성·시공성의 문제가 생긴다. 따라서, 약 10~30% 정도 고무분을 함유시키는 것이 적당하다고 알려져 있으며, 가공성에 따른 물성을 고려하면 20% 정도가 무난한 것으로 판단되었다. 고무의 양이 일정하더라도 고무입자의 상태, 아스팔트 내에 분산된 상태, 고무의 물성에 따라 고무아스팔트 조성물의 물성은 현저히 달라진다.

- 아스팔트(Asphalt) ; 80%
- 고무분(Rubber) ; 20%
- 첨가제(Addition) ; 1%

한국화학연구소 및 미국 Arizona Refing Co. 연구결과 고무분(Rubber)의 규정은 다음과 같다.

- 고무는 재생고무 분말과 경화된 고무와 화합물이 건조하고 청결하여야 한다.
- 고무는 섬유질의 고무 이외는 함유되어서는 안된다. 그리고, 철사 및 활석(운모), 탄산칼슘과 같은 불순물이 4% 이상 함유되어서는 안된다.
- 고무는 0.15인치(inch)가 초과하는 입자를 함유해서는 안되며 최소한 25%(무게비)의 자연고무를 함유하여야 한다.
- 합성고무는 아래의 입도에 일치하여야 한다.

체 번호	No.8	No.10	No.16	No.30	No.50	No.100	No.200
입도범위(%)	100	100	85~100	40~80	10~45	0~10	6~5

을 높일 목적으로 혼합제(混和劑)(아스팔트 무게의 1%)를 사용할 수 있다.

2-3. 고무아스팔트의 성분

고무의 함량은 증가될수록 감온성(減溫性)이 둔화되고 유연·탄력성이 향상되는 경향이 있으나, 고무아스팔트의 조성물은 가공하거나 시공할때 점도의 상승으로 인하여

*첨가제(Addition)

고무분의 표면 또는 내부의 개질을 촉진하여 고무분과 아스팔트의 혼합성을 높여주며 열안정제로서의 역할을 수행한다. '89년도에 사용한 첨가제는 T.B.S였다.

2-4. 고무아스팔트의 사용목적

고무성분을 사용하는 가장 큰 이유는 고

무성분의 첨가에 따른 감온성의 저하 및 유연·탄력성 향상에 있으며, 감온성이 둔화되면 아스팔트의 적용온도 범위가 넓어져 온도의 변화에 따른 고온변형 및 마모 파괴현상이 현저히 줄어들며, 동시에 유연성과 탄력성이 부과될 경우 충격흡수 효과가 크며 외부하중에 대한 변형과 파손방지에 있다.

2-5. 고무아스팔트의 특징

가. 내구성이 증대된다. 고무에 포함되어 있는 카본블랙이 산화를 지연시키는 보다 두꺼운 층을 형성, 산화에 저항하는 내구성을 제공한다(2~5배).

나. 감온성을 개선할 수 있다. 고온에서 흘러내리거나 또는 저온에서 부러지거나, 균열발생을 하지 않기 때문에 역청 결합재 경직도의 변화를 줄여 온도변화가 심한 곳에서 좋다.

다. 고무의 탄성, 신장성, 복원성과 제래 아스팔트의 특징을 지니고 있어 바닥의 진동·균열, 외부의 충격과 압축에 뛰어나다.

라. 투수율이 10^{-12} cm/sec로 방수기능이 뛰어나다.

마. 미끄럼 방지 및 마모저항성이 뛰어나며, 내화학적 성질이 우수하다.

바. 열 가소성 고무성분의 페타이어를 사용함에 따라 폐품 재활용의 의미뿐 아니라 저렴한 가격으로 양질의 품질보장이 가능하다.

사. 하중과 시간, 온도와의 관계에 있어 하중과 시간에 매우 안정되어 있는 점탄성 물질인바, 외부응력 초기에는 탄성의 특성으로 대처하며, 후기에는 점성의 특성으로 대응하므로 높은 하중이 장기간 재하(在荷)되는 곳뿐만 아니라 피로강도 또한 우수하다.

3. 페타이어 분석

3-1. 페타이어 성분

페타이어는 대략 성분별 조성이 35~45%가 고무이며 그 중 천연고무가 10~20%를 점유하고 SBR, neoprene, polybutadiene, butyl rubber, chlorobutyl rubber, Isoprene 등의 합성고무가 15~30%를 점유한다.

그밖에 카본블랙(carbon black) 10~35%, titanium oxide, zinc oxide, clay, talc

〈表 1〉 페타이어 고무분의 분석치

분 석 항 목	PC ^a	PC+LT ^b	TB ^c
	고 무 분	고 무 분	고 무 분
고무중합체의 종류			
NR	20	40	70
배합비 ^d (%) SBR	80	45	20
BR	-	15	10
고무중합체의 양(%)			
직 접 법		23.7	40.2
간 접 법	47.6	44.6	54.1
비 중	1.16	1.15	1.14
아세톤 추출분(%)	19.4	16.9	12.5
클로로포름 추출분(%)		1.4	1.2
알칼성 KOH 용액			
추출물(%)		0.7	0.4
유황분(%)		1.1	1.7
유기유황 ^e (%)		0.02	0.03
무기유황 ^f (%)		0.5	0.1
회 분(%)	3.1	4.2	3.8
활성탄 ^g (%)		30.7	26.3
SiO ₂ (%)		0.5	0.4
TiO ₂ (%)		0.1	
ZnO (%)		1.6	1.2
CaO (%)		0.6	0.4
Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ (%)		0.3	0.1

^a: 승용차 타이어

^b: 경트럭 타이어

^c: 트럭·버스 타이어

^d: 기체 색중분석법에 의한 수치

^e: 아황산 나트륨법에 의한 수치

^f: 질산분석법에 의한 수치

등의 회분(灰分)이 10~20%, antioxidant, antiozonant, resin, oil 등이 15~20%로 구성되어 있다.

이상 페타이어 고무의 성분별 조성 이외에 원소분석의 결과는 탄소 83%, 수소 7%, 산소 2.5%, 질소 0.3%, 황 1.2%, 그밖에 회분 6%로 구성되어 있다. 페타이어 고무 분의 종류별 분석결과는 <표 1>과 같다.

3-2. 페타이어의 용도

페타이어에 대한 종래의 관념은 발생하는 페타이어량의 일부분이 재생고무의 합성에 사용되며 상당량의 페타이어는 처치곤란한 폐기물로 간주되어왔다. 그러나, 주로 석유화학 제품으로 구성된 페타이어의 이용에 대한 선진국의 연구는 다양한 페타이어 활용방안을 개발하리라 사료된다. 미국의 경우 1974년에 발생한 페타이어량이 2억 2천만 개로서 19.2%는 재생타이어 생산에 사용되었고, 7.3%는 페타이어로 처리되었다.

일본의 경우는 1980년에 발생한 페타이어의 양이 6천 4백만개로서(572,000 t) <표 2>, <표 3>과 같이 활용이 비교적 많은 것으로 알려져 있다.

페타이어의 용도는 물리적 응용법, 화학적 응용법, 연료로서의 응용법으로 구분할 수 있다.

3-2-1. 물리적 응용법

폐고무의 화학적 성질을 변화시키지 않고 분쇄 또는 여러가지 첨가제와의 혼합 공정을 거쳐서 사용하는 방법으로 인조잔디, 해저생물의 양식처, 고속도로분리대, 도로포장시의 기층콘크리트 첨가물, 방음벽, 부식방지제, 지붕용도로 등에 사용되며 아스팔트 첨가물로서의 사용도 이 응용법에 속한다. 이 방법은 고무의 성질을 그대로 사용할 수 있으며, 많은 비용이 소요되지 않는 장점이

<표 2> 일본의 고타이어 발생량추이

(단위: 천개, 톤)

발생 루트		연차			
		1973	1978	1983	1988
타이어 교환시에 발생하는 양	개 수	32,279	37,985	43,861	58,498
	중 량	437,096	385,709	430,277	584,812
자동차 폐차시에 발생하는 양	개 수	15,723	14,819	21,221	23,923
	중 량	184,248	90,977	137,694	147,541
합 계	개 수	48,002	52,304	65,082	82,421
	중 량	621,344	476,686	567,971	732,353

자료: JATMA(일본자동차타이어협회)

주) 윤반차용 타이어 제외

<표 3> 일본의 고타이어 이용상황추이

(단위: 중량/천톤)

이용 구분		연 차						
		1978		1983		1988		
		중량	%	중량	%	중량	%	
유 용 효	재 이 용 분	재 생 고 무	176	37	165	29	135	18
		재 생 타 이 어 용	57	12	76	13	81	11
		수 출 용	33	7	85	15	118	16
		기 타	38	8	15	3	38	6
	소 계	305	64	341	60	372	51	
이 용 분	열 이 용 분	시 멘 트 킬 른 용	100	21	50	9	84	11
		금속제련, 제지용	-	-	81	14	80	10
		보일러 등 열이용	53	11	90	16	93	13
		소 계	153	32	221	39	257	34
합 계		458	96	562	99	629	85	
기 타 미 어 용		19	4	6	1	103	15	
총 합 계(총발생량)		477	100	568	100	732	100	

자료: JATMA

있다.

3-2-2. 화학적 응용법

폐고무에 화공약품이나 열을 가하여 공학적으로 유용한 성질을 생산하는 방법으로 재생고무 합성이나 열분해에 의한 카본블랙, 오일(oil) 등의 생산이 이에 속한다.

3-2-3. 연료로서의 응용법

고무가 탈때 7,200~7,800kcal/kg의 높은 열에너지가 발생하므로 각종 연료로서 사용이 가능하며, 시멘트 소성용, 중유 대용, 제련용 연료 및 보일러 등의 열이용에 사용이 가능하나, 연소시 발생하는 악취 및 황산화

물, 질소산화물 등의 공해방지대책이 문제가 되며 단순한 연료로 소비한다는 것은 자원 절약의 관점에서 바람직하지 못하다.

3-2-4. 타이어 생산현황

자동차산업의 발달과 더불어 타이어의 생산량도 급속히 증가하고 있으며, 이는 국내

뿐만 아니라 외국의 경우도 같은 현상을 나타낸다(표 4 참조).

특히 국내 자동차의 생산·판매현황(표 5)에서 나타난 바와 같이 '90년 상반기중 자동차 생산대수는 58만 4,926대로서 전년동기대비 10.8%의 증가율을 보이고 있으며

〈表 4〉 각국의 타이어 생산고
(연합통신 '90연합연감자료)

(單位: 1,000個)

年 度	韓 國	브 라 질	프 랑 스	西 獨	日 本	蘇 聯	英 國	美 國
1983	-	20,124	47,328	37,668	134,616	62,028	23,976	186,924
1984	15,132	21,024	47,820	39,285	135,365	63,696	24,120	210,372
1985	15,168	22,152	46,500	40,260	146,940	65,172	24,216	195,972
1986	18,216	27,540	51,132	42,756	132,936	65,904	25,644	190,296
1987	20,064	28,224	54,924	47,112	137,028	67,800	27,624	202,980
1988	-	29,532	-	48,672	154,032	-	30,204	-

자료: UN조사

〈表 5〉 국내 자동차 생산·판매현황

(단위: 대)

구 분	1989		1990			증 가 율(%)			
	연 간	누계(1~6월)	전 월	금 월	누계(1~6월)	전월비	전 년 동월비	전 년 동기비	
전 차	생 산	1,129,470	527,843	71,232	99,932	584,926	40.3	16.0	10.8
	판 매	1,118,999 (100.0)	503,161 (100.0)	71,179 (100.0)	104,223 (100.0)	563,041 (100.0)	46.4	14.1	11.9
종 수	내 수	762,959 (68.2)	319,248 (63.4)	58,814 (82.6)	76,983 (73.9)	437,759 (77.7)	30.9	21.2	37.1
	수 출	356,040 (31.8)	183,913 (36.6)	12,365 (17.4)	27,240 (26.1)	125,282 (22.3)	120.3	▲2.2	▲31.9
승 용 차	생 산	871,898	412,479	49,848	72,836	432,545	46.1	15.4	4.9
	판 매	861,757 (100.0)	388,777 (100.0)	48,701 (100.0)	75,933 (100.0)	406,606 (100.0)	55.9	10.0	4.6
용 차	내 수	514,484 (59.7)	209,648 (53.9)	37,277 (76.5)	49,341 (65.0)	284,214 (69.9)	32.4	18.3	35.6
	수 출	347,273 (40.3)	179,129 (46.1)	11,424 (23.5)	26,592 (35.0)	122,392 (30.1)	132.8	▲2.7	▲31.7
상 용 차	생 산	257,572	115,364	21,384	27,096	152,381	26.7	17.5	32.1
	판 매	257,242 (100.0)	114,384 (100.0)	22,478 (100.0)	28,290 (100.0)	156,435 (100.0)	25.9	26.7	36.8
용 차	내 수	248,475 (96.6)	109,600 (95.8)	21,537 (95.8)	27,642 (97.7)	153,545 (98.2)	28.3	26.8	40.1
	수 출	8,767 (3.4)	4,784 (4.2)	941 (4.2)	648 (2.3)	2,890 (1.8)	▲31.1	23.0	▲39.6

주) ()는 판매중 내수, 수출의 비중. Jeep는 승용차에 포함.

* 한국자동차협회 발간 「자동차회보」 8월호 자료임.

생활수준의 향상과 과소비풍조의 확산으로 인해 내수부문의 수요가 더욱더 확산될 것으로 예측할 수 있다. 자동차 수요의 증가는 곧 타이어 생산량의 증가를 요구하게 되고 결국, 페타이어의 발생량이 증가하게 되어 앞으로 페타이어의 처리문제가 심각하게 대두될 것이다.

아래의 사진은 미국의 경우로서 고체폐기물인 페타이어를 야적한 전경이며, 이의 처리에 대해 많은 노력을 기울이고 있다.

3-3. 페타이어의 분쇄방법

3-3-1. 상온(常溫) Roller분쇄방법

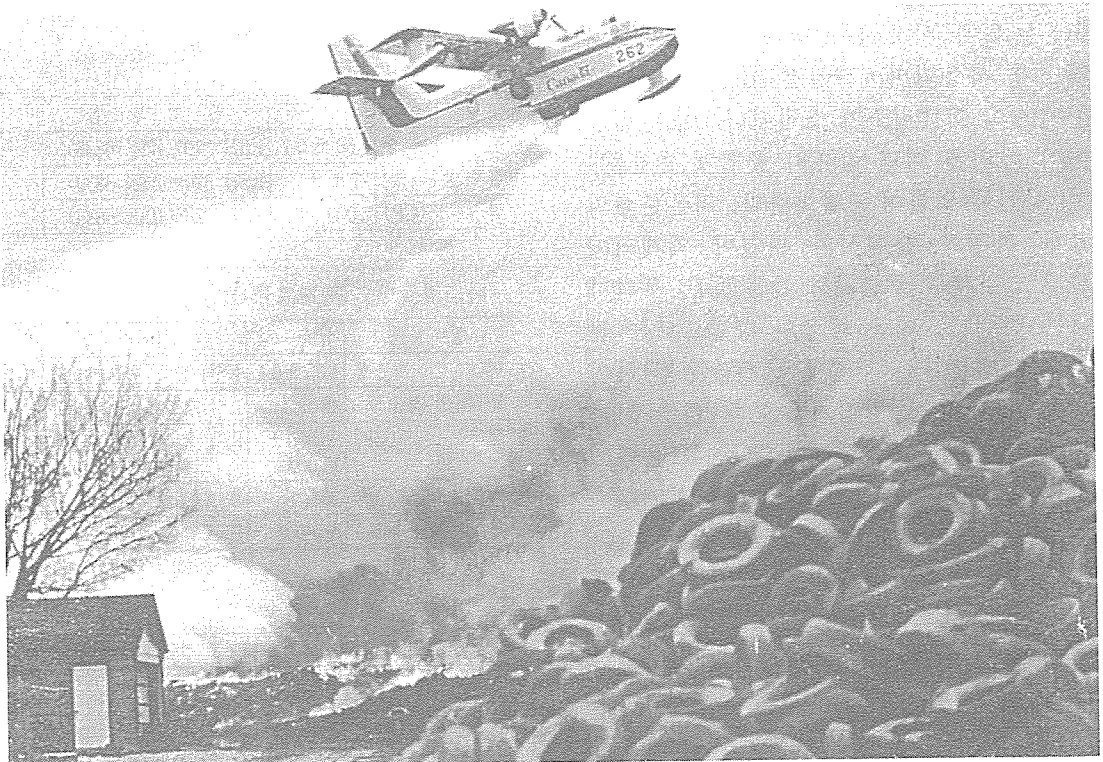
최초로 개발된 공정으로 재생고무의 제조로 많이 알려져 있으며, 이 공정에 대하여 생산된 고무분의 최소입도(最少粒度)는 #30

체(0.59mm) 정도로 통상 #12체(1.68mm) 정도의 고무분이 많이 이용되고 있다.

이 공정은 조쇄공정(粗碎工程) 및 세쇄공정(細碎工程)의 2단계로 나누어지며, 롤러 이외에 진동체, 섬유분리기, 자력선별기, 운반기 등으로 구성되어 있다. 조쇄공정에는 U자형의 홈이 패어 있는 롤러에 투입된 타이어가 롤러 사이를 통과하면서 압궤, 절단, 전단작용(剪斷作用)에 의하여 분쇄된다. 1차 분쇄된 타이어는 진동기로 운반되어 체가름되며 체가름된 입자는 세쇄공정의 롤러에 송입(送入)되어 롤러를 통과하면 미세분말의 최종 생산물을 얻는다.

3-3-2. CTC분쇄방법

이 방법은 저온분쇄의 열처리공정으로 이용되고 있으며, 사용기기는 파쇄기, 자력선



(사진설명) 1990년 2월 캐나다 온타리오주 Hagersville 페타이어 야적장 대화재 진화장면(동야적장에 약 1,400만개의 페타이어가 있었다.)

별기, 분쇄기, 진동분급기, 풍력선별기 등이 있다.

페타이어는 우선 두 대의 분쇄기를 통과 하면서 50mm이하의 파쇄물로 된 후 1차 분쇄기에 의하여 분쇄되고 자력선별기에 의하여 철분이 분리된 후 2차분쇄기에 송입된다.

분쇄기내에서 압축·전단작용을 받아 분쇄된 분쇄물은 진동분쇄기에 의하여 분급(粉扱)된 후 풍력선별기, 비중선별기 등을 통과하여 미섬유(微纖維)가 제거된 최종생성물을 얻는다.

3-3-3. 저온분쇄방법

저온분쇄방법은 비교적 최근에 공업화된 분쇄공정으로서 이 방법에 의하여 생산된 고무분은 #40~#100체(0.295~0.149mm) 정도의 입도를 갖는다.

저온분쇄에 사용되는 냉매(冷媒)로는 액체질소가 사용되며, 고무분 1kg 생산시 약 0.9~1kg의 액체질소가 소비된다. 이 방법은 타이어 이외에 여러 종류의 중합체(重合體)를 이 방법에 의하여 분말화한다. 저온분쇄의 주요한 특징은 분쇄시의 발열이 억제되어 생산된 고무분의 물성저하(物性低下) 우려가 없다는 점이다. 저온 분쇄의 방법으로는 전처리후(前處理後) 직후냉각(直後冷却)하여 저온에서 행하는 방법, 조분쇄(粗粉碎)는 상온에서 행하고 미분쇄(微粉碎)는 저온에서 행하는 방법들이 개발되어 있다.

3-3-4. PAPRA분쇄방법

PAPRA식 분쇄방법은 공업적인 생산이 행해지고 있지는 않지만 영국 고무 및 프라스틱연구소에서 개발한 방법으로 0.388mm의 입도(粒度)를 가지는 고무분을 특수한 desk-mill에 의해서 0.02mm 이하의 매우 미세한 분말로 분쇄하는 방법이다. 따라서, 자동계량이나 자동화처리가 용이한 특징이 있다.

4. 고무아스팔트의 시공

4-1. 서부산낙동강교 건설당시 현황

4-1-1. 개 요

-공사명 : 부산-마산간 고속도로 낙동강대교 건설공사

-교량형식

◦ 상부공 : 3경간연강상판 강상형

◦ 하부공 : 교대, 교각...무근콘크리트반중력식, 기초...강관파일

-연장 : 1,764.5m ; 사상육교(173.9m) + 낙동본교(1,525m) + 금호육교(65.6m)

-설계하중 : DL-18

-폭원 : 22m(차도 ; 16.6m, 보도 ; 5.4m)

-총공사비 : 14,538백만원

-공사기간 : 1978. 11. 22~1981. 9. 11

4-1-2. 건설당시 포장품질

가. 프라이마 규격

항 목	규 격	시 험 방 법	비 고
비 중	1.00 ± 0.1	KSH 3707(JISK 6835)	
불휘발분(%)	27 ± 3	KSH 3709(JISK 6839)	
점 도(CP)	5,000 이하	KSH 3708(JISK 6838)	

나. 접착방수층 재료규격

항 목	규 격	시 험 방 법	비 고
비 중	1.05 ± 0.1	KSH 3707(JISK 6835)	
불휘발분(%)	48 ± 4	KSH 3709(JISK 6839)	
점 도(CP)	35,000 ± 15,000	KSH 3708(JISK 6838)	
인장강도(kg/cm ²)	15이상	JISA 6021	
신 율 (%)	450이상	JISA 6021	

다. SBR-라텍스 품질

항 목	규 격 치
전 고 형 분	50 ± 0.5%
라텍스 점도(25℃)	300 C. P. S이하
결합 스티렌	23 ± 2%
P.H (25℃)	9.0~11.0
응고분(라텍스에 대하여)	0.05% 이하

라. 라텍스 혼합물 기준

항 목	기 준	시험결과치
다집회수	75회	75
안정도(kg/cm ²)	1000이상	1,190
FLOW값(1/100cm)	20~40	37
공극률(%)	3~6	3.66
포화도(%)	70~85	79.5
잔류안정도(%)	75이상	-
밀도(g/cm ³)	-	2.315

마. 라텍스 혼합물 관리온도

항 목	라텍스 Asphalt con'c	일 반 Asphalt con'c
기 온	10°C 이상	5°C 이상
혼합물 온도	185°C 이하	185°C 이하
포 설 온 도	150°C 이상	130°C 이상
일 차 轉 壓	130°C 이상	120°C 이상
이 차 轉 壓	110°C 이상	90°C 이상

4-1-3. 건설당시 포장특징

가. 아스팔트함량 : 6.3% (라텍스를 아스팔트 함량의 10% 첨가). 이때는 페타이어 고무분은 사용하지 않았다.

- 골재배합비 : 쇄석(φ19mm~10mm)··6%
쇄석(φ10mm이하)···90%
석분 : 4%

- 골재원(骨材源) : 쇄석(경남 김해군 장유면 수가리)

나. SBR 라텍스 저장시 5°C 이상의 온도를 유지할 수 있도록 하고 직사광선에 장기간 노출되지 않도록 캔바스를 덮었고 장기간 방치된 라텍스는 사용전 충분히 저어서 사용하였다.

다. SBR 라텍스 투입장치의 조작용 전원(電源)에는 3상교류 220/200V-15A, 기종은 라텍스계량 투입장치로서 계량(計量) 범위는 1~11l이고 전류 3Ω1HP로서 프랜트 밑의 진동이 없는 장소에 라텍스 드럼과 함께 설치하여 두고 흡입 및 투입호스를 이용, 프랜

트의 MIXER내에 NOZZLE을 집어넣었으며, 이 노즐은 석분 Gate와 반대측으로 부착하여 라텍스가 중앙에 분사되도록 고정시켜 절대로 믹서벽방향으로 향하게 해서는 안되도록 노즐 부착부위는 혼합물 표면보다 30~40cm 높게 하고 20~30°C 각도를 유지시키고 벽면보다 15cm정도 떨어뜨렸다. 작업시 투입기 자체제어 장치가 있어서 투입량의 정확을 기할 수 있었고, 작업종료후에는 투입장치 및 호스 등을 즉시 해수(海水) 및 강수(江水)가 아닌 깨끗한 물로 세척을 하여 다음 작업에 지장이 없도록 하였다.

라. 혼합방법은 골재를 아스팔트로 혼합시킨 후 SBR-라텍스를 첨가하였다.

마. 혼합시간은 라텍스 첨가전 10~15초로, 첨가후 30~35초, 총 40~50초로 하였다.

바. 라텍스 아스팔트 혼합물 포장 후 초기전압(初期轉壓)은 Hair Crack(미세균열) 방지를 위하여 타이어 로라(Roller)를 사용하였으며, 2,3차 전압은 마카담, 탄덤 로라를 사용하였다.

사. 건설당시 라텍스 혼입 아스팔트 콘크리트 포장검토시 열거되었던 장점은 다음과 같다.

- 감습성(感濕性)을 둔화시킴으로써 저온시 충격에 대한 저항성을 향상시키며, 고무 1%에 대하여 1~2°C의 연화점(軟化點)을 상승시키고 내유동성(耐流動性)을 향상시킨다.
- 점성(粘性)을 증대시켜 결합력을 향상시킴으로써 내마모성(耐磨耗性)을 증대시킨다.
- 같은 조건에서 아스팔트를 많이 사용할 수 있어 내구성을 증대시킨다.
- 골재의 피막(皮膜)이 두꺼워지고 모래의 선택범위가 넓어지며 내노화성(耐老化

性)이 향상된다.

-현재 사용중인 아스팔트 프랜트에 간단한 계량장치가 붙은 라텍스 주입장치만 붙이면 되고 기존 포장장비로 포설(鋪設)이 가능하여 시공성이 좋다.

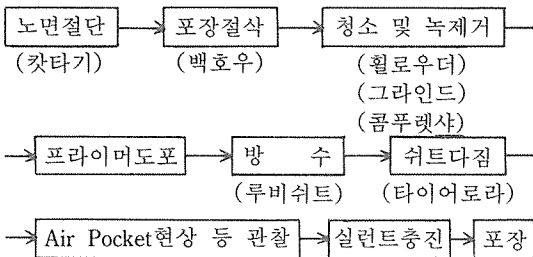
4-2. 서부산낙동강교 고무아스팔트 포장 시험시공('88~'90)

4-2-1. 공사개요

서부산낙동강교의 고무아스팔트 시험시공은 '88년 상행주행선의 1065.4m를 시공하였으며, '89년에 상행주행선 428m와 하행주행선 1,518m를 시공하였으며, '90년에는 4차선 16.6m폭의 1,764.5m중 나머지 부분에 대해서 전량시공(全量施工)을 하고 있다.

4-2-2. 시공순서

고무아스팔트 포장의 시공순서는 아래와 같다.



서부산낙동강교의 노면절단은 '88년 시험시공시 중형 로드카타로 실시하였고, 8cm를 일시에 절단할 수 없어(과부하 걸림) 1차로 T=4cm로 절삭하고 나머지 3~4cm를 재절삭하였다. 그러나, 서부산낙동강교가 강상판교량으로서 종·횡방향의 볼트가 있어 절삭작업시 빗트의 파손이 많았다. 세로방향 볼트 위치는 거리를 정확하게 측정하여 동위치의 빗트를 빼고 절삭할 수 있었으나, 가로방향 볼트 위치가 경간마다 다르기 때문에 빗트드럼을 갑자기 올릴 수 없어 빗트의

파손이 많았고 빗트 교환시간이 많이 소요되어 절삭작업에 많은 시간이 소요될뿐만 아니라 강상판에 심한 충격을 주게 되어 '89년 시공시부터는 아스콘 절단기로 일정간격으로 절삭후 백호우로 제거하는 공법으로 변경하였다.

노면절삭후 페아스콘 잔재, 모래, 먼지, 유류 등이 없도록 인력 및 콤팩트샤로 1차 청소하고 강판 부식부의 녹을 그라인딩하여 제거한 후 콤팩트샤로 재청소를 실시하였다.

청소 및 녹 제거가 끝난 강상판 위에 프라이머 도포를 실시하게 되며, 이는 ASTM D41의 규정에 의한다. 도포방법 및 프라이머 품질규격은 다음과 같다.

① 프라이머를 로라로 0.4l/m²의 양을 고르게 도포하여 충분히 건조시킨다.

② 프라이머 도포후에는 가능한 한 작업장 출입을 금해야 하며, 비를 맞힌 경우에는 재도포하여야 한다.

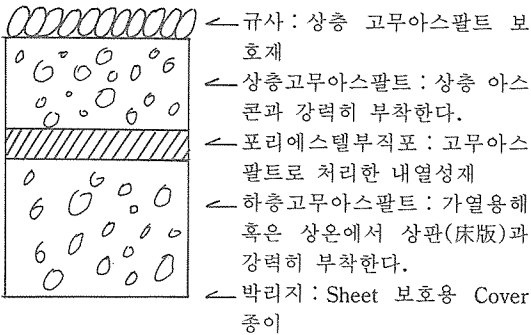
③ 프라이머 품질규격은 다음과 같다.

시험항목	규격	시험방법	비고
비중	1.00 ± 0.1	KSH 3707(JISK 6835)	
분취발분(%)	27 ± 3	KSH 3709(JISK 6839)	
점도(CP)	5,000 이하	KSH 3708(JISK 6838)	

프라이머 도포가 끝난 후 방수를 실시하여야 하며 서부산낙동강교의 방수는 여러가지 방수공법을 검토하였으나, 그 중 고무아스팔트 포장에 부합되는 RUBY Sheet 방수공법을 채택하였다.

루비쉬트 방수공법의 단면구성은 다음과 같다.

루비쉬트는 상판과 표층 사이에 상호 접착성이 우수한 고무아스팔트(부직포 삽입) Sheet층을 설치하여 방수성·방식성·내충격성·내탄력성 등을 유지하는 교량방수 전용재로 개발한 것이며, 강력한 열안전성을 보



유하고 있는 폴리에스텔 부직포를 Sheet 중
 간에 삽입하고 있기 때문에 내구성·점탄성
 이 우수하고 교면의 하중응력에 대응하고
 내구성을 유지하도록 만들어져 있다.

교량용 루비쉬트는 두께가 2.4±1mm이고
 폭 1m, 길이 10m이며, 중량이 25~30kg 정
 도의 ROLL TYPE이다.

루비쉬트 방수공법의 장단점은 다음과 같다.

[장 점]

- ① 루비쉬트는 열가소성 SBS 고무화 아스
 팔트 제품으로 응력에 대응하여 유동학
 적(流動學的) 특성인 점탄성(粘彈性)을
 발휘함으로써 구조체의 반복운동에 대한
 내구성이 크고 바탕균열에 대한 저항성
 이 크다.
- ② 내충격성·내압축성이 우수하다.
- ③ 내산성·내알칼리성이 우수하다.
- ④ 방수·방청능력이 우수하고 시공이 간
 편하다.
- ⑤ 상층의 포장재와 같은 계통의 소재이기
 때문에 포장재와의 친화력이 극히 높다.
- ⑥ 응력완화성이 우수하다.
- ⑦ 루비쉬트의 고무화 아스팔트의 투수율
 이 10⁻¹²cm/sec로 방수기능이 완전하다.
- ⑧ 쉬트접합부(joint)의 영구수밀성이 보증
 된다.
- ⑨ 온도변화에 대해 감온성이 적기 때문에
 고온에서 흘러내리지 않고 저온에서도

신축성을 가지므로 사용범위가 매우 넓다.

⑩ 자유성·복원성이 우수하다.

[단 점]

① 루비쉬트의 길이가 10m이고 폭이 1m인
 관계로 루비쉬트 상호간 부착('oint)시는
 폭 10cm 간격으로 겹치게 하여 버너를
 사용하는 열용착식이다.

② 루비쉬트부착시 쉬트보호용 Cover종이
 인 박리지의 손상에 유의하여야 한다.

루비쉬트의 방수가 끝나면 쉬트다짐을 하
 게 되며, 다짐장비는 타이어 로라를 사용한
 다. 타이어 로라로 다진 후 특히 볼트 부위에
 Air Pocket(공기주머니)현상이 발생할 우려
 가 많으며, Air Pocket(공기주머니)의 발생이
 없도록 세심한 주의를 기울여야 한다.

쉬트다짐이 끝나면 볼트 위치와 루비쉬트
 양쪽 기존 아스콘과의 접착부위는 Asphalt
 Sealant를 도포하여야 하며, Asphalt Sealant
 는 양질의 아스팔트를 주성분으로 하여 이에
 고무 및 각종 첨가물을 첨가 혼합하여 특수한
 방법으로 제조된 가열 주입형 충전제이다.
 이는 기존 아스팔트와 쉬트가 접착을 이루어
 방수가 되도록 하는 데 목적이 있다.

이상의 여러가지 과정이 끝난 후 비로소
 고무아스팔트 포장을 실시하게 된다. '88년
 시공시와 '89년 시공시의 차이점은 다음과
 같다.

-P.R.A의 고무 함량은 '88년 5.8%에서
 '89년 7.2%로 증가되었다.

-고무아스팔트 혼합물의 골재최대치수는
 '88년 φ19mm에서 '89년 φ13mm로 변
 경시공하였다.

-'88년 시공시 포설두께를 1회포설(8m)
 로 마무리하였으나 '89년 시공시 루비
 쉬트 이음부에 포설직후부터 크랙과 밀
 림현상 등이 발생하여 2회 2층으로 시
 공하였다.



(노면절삭전경)



(시공후 전경)

5. 결 언

환경보호에 문제가 되고 있는 페타이어를 재활용함으로써 환경문제를 해소하는 데 일익을 담당할 수 있고, 고무성분이 지니고 있는 독특한 성질을 활용, 도로포장용 아스팔트 혼합물을 개발하여 도로의 수명과 안정성을 증가시킬 수 있는 고무아스팔트의 개발은 획기적인 공법이라고 사료되나 대량

생산을 하지 않아 가격이 고가인 단점이 있다.

'90년도에는 일반 토공부에도 고무아스팔트 시험포장을 실시하고 있는바, 앞으로 교량부와 토공부에 대한 포장상태를 계속 추적조사·관리하여야 할 것이다.

또한 고무아스팔트 함량, 골재입도(骨材粒度), 첨가제 등에 대한 계속적인 관심과 연구개발이 절실히 요구되고 있다.

<30 page에서 계속 이어짐>

· Tryco International, Dept. TB, P.O. Box 1277, Decatur Ill. 62525.
(217) 428-0901

IV. 結 言

일본, 미국의古타이어 처리실태를 살펴본 결과 문제해결방법은 각국의 현실여건에 맞추어 추진되어야 할 것이다.

古타이어를 가장 잘 처리하고 있는 일본도 최근 적체량이 늘어남에 따라 이의 해결책으로서 시멘트공장에서의 이용도를 높이려고 하고 있으나 수송비를 절감하는 문제가 뒤따르고 있었다.

일본이나 미국 모두 중간처리(破碎)를 하고 있었으나, 현재 열이용 초기단계에 있는 우리나라로서는 중간처리과정을 거치지 않고 바로 타이어를 통째로 이용(주로 乾溜式)하는 방식으로 출발하는 것이 보다 경제적이고 생각한다. 또한 지리적인 여건상 시멘트공장이나 화력발전소 등 대형 처리지보다는 기존의 중소기업체로 하여금 페타이어 전문 소각열 이용시설을 개체하도록 하는 것이 보다 빠르고 경제적으로 페타이어 문제를 해결할 수 있는 지름길이라고 판단된다.

이와 함께 경제발전을 감안할 때, 장기대책으로 고무아스팔트 이용, 시멘트공장 이용도 검토해야 할 것이다.