



일본의 슈퍼페이브 현황

김준범* · 김인수*

일본의 슈퍼페이브(SUPERPAVE) 추진은 건설성 토목연구소를 중심으로 이루어진다. 몇 가지 시험법에 대해서는 다른 기관에서도 도입이 진행되고 있다. 슈퍼페이브는 시험법과 평가·설계법까지를 포함하는데, 일본에서는 슈퍼페이브 전체를 추진하기 보다 시험법의 유효성 확인, 시험법의 부분적인 이용을 중심으로 추진하고 있다. 여기서는 일본 “아스팔트”지 42-201호(1999)에 게재된 내용으로 지금까지의 일본의 슈퍼페이브에 대한 대응으로서 시험기의 도입상황이나 검토상황을 소개한다.

1. 서론

일본에서는 SHRP계획의 개시 당초부터 그 동향에 주목하였으며 그 성과인 새로운 시험법이나 규격을 도입한 슈퍼페이브가 정리되자마자 즉시 건설성 토목연구소를 중심으로 본격적인 조사가 착수되었다. 건설성 토목연구소에서는 1994년에 바인더 관련 시험기를, 1996년에는 혼합물 관련 시험기를 도입하고 시험 조사를 추진했다. 그 후 일본내에서 슈퍼페이브에 대한 이해가 이루어지면서 일부 시험은 포장시험법편람 별책1)에도 게재함과 동시에 다양한 연구기관에 시험기가 도입되었다.

* 한국도로공사 도로연구소 연구원

2. 슈퍼페이브 시험기의 도입상황

슈퍼페이브 시험기는 건설성 토목연구소에서 도입된 후 각 방면에서 도입되고 있다. 일본아스팔트협회에서는 관공서 5개 기관과 포장회사 18개사(1개 협회 포함), 아스팔트 제조업체 6개사에 대해 슈퍼페이브 관련 시험기의 도입 상황을 조사했다. 그 결과는 표 1과 같다. 관공서에서는 토목연구소, 개발토목연구소에서의 도입이 진행중이며, 도쿄도 토목기술연구소 등에서도 일부가 도입되었다. 포장회사에서는 Gyrotory Compactor의 정비가 상당히 진행되었으며, 아스팔트 제조업체에서는 바인더 시험기의 도입이 이루어지고 있다. 전체적으로는 Dynamic Shear Rheometer와 Gyrotory Compactor의 도입이 가장 활발히 진행되고 있다.

3. 슈퍼페이브 바인더 시험에 관한 연구

일본에서의 슈퍼페이브 바인더시험에 관한 연구는 건설성 토목연구소에서 개시되어 일본 국내에서 제조되고 있는 스트레이트 아스팔트나 개질 아스팔트 등에 대해 슈퍼페이브로 평가한 결과나 슈퍼페이브와 기존의 평가시험의 비교 등을 보고하였다.

조사 목적은 바로 슈퍼페이브에서 제시된 공용성 등급(performance grade)에 의한 바인더

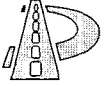


표 1. 슈퍼페이브 관련 시험기 보유현황

시험기기명	관공청					민간	
	건설성토목 연구소	운수성 항만 기술 연구소	홋카이도 개발청 개발토목 연구소	도쿄도 토목기술 연구소	일본 도로공단 시험연구소	포장회사 (18개사)	아스팔트제 조업체 (16개사)
Dynamic Shear Rheometer(DSR)	○	×	○	○	×	4	5(1)
벤딩빔레오미터(BBR)	○	×	○	×	×	3	5
다이렉트텐션테스터(DTT)	○	×	○	×	×	0	3
프레셔에이징베셀(PAV)	○	×	○	×	×	4	5(1)
회전박막시험기(RTFOT)	○	×	○	○	×	7	5
회전점도계	○	×	○	○	×	7	3
브룩필드회전점도계(RV)	○	×	○	×	×	7	4
Gyratory Compactor(SGC)	○	×	○	×	○	15(2)	3
샤프웨어테스터(SST)	○	×	×	×	×	0	0
레질리언트모듈러스시험기	×	×	×	×	×	7(1)	1

※ ()안은 구입 예정

분류를 도입하는 것이 아니라 어디까지나 새로운 바인더 평가시험의 하나로서 검토하는 것이다. 특히 주목되는 시험은 소성변형 평가를 목적으로 한 DSR시험과 공용 열화 성상 등을 예측하는 것을 목적으로 한 PAV에 의한 열화방법을 들 수 있다.

3.1 일본내 아스팔트의 슈퍼페이브에 의한 평가

건설성 토목연구소에서 실시된 각종 아스팔트

표 2. 아스팔트 샘플

종 류	시 료 수	
스트레이트 아스팔트	40~60	4
	60~80	13
	80~100	5
개질 아스팔트	세미블로운	2
	개질 I형	6
	개질 II형	8
	고점도 개질	6

에 대한 슈퍼페이브 시험결과에 대해 표 2에 아스팔트 샘플의 종류를, 표 3에 실시한 시험의 예를 나타냈다²⁾.

표 3. 시행한 시험

시험법	샘플	시험온도
PAV시험	TFOT 아스팔트	100
RV시험	오리지널 아스팔트	135
DSR시험	오리지널 아스팔트	40~80°C
	TFOT 아스팔트	40~80°C
	TFOT+PAV 아스팔트	0~40°C
BBR시험	TFOT+PAV 아스팔트	-5~-20°C

※ TFOT+PAV 아스팔트란 TFOT후의 아스팔트에 PAV 시험을 실시한 열화 아스팔트를 뜻함.

슈퍼페이브에서 TFOT 후의 DSR 시험결과는 소성변형성 평가에 이용되며, 공용중의 포장체 최고온도에서 탄성률의 일종인 $G^*/\sin\delta$ 값이 2.20kPa 이상이 되도록 규정되어 있다. 그림 1에서 알 수 있듯이 일본의 아스팔트는 어떤 등급



에서도 60°C에서 2.20kPa 이상이다. 또, PAV 시험후의 BBR 시험은 저온균열성 평가에 이용되며, 공용중의 포장체 최저온도+10°C에서 스티프니스 $S \leq 300\text{Mpa}$, $m \geq 0.3$ 이 되도록 규정되어 있는데, 그림 2에서도 알 수 있듯이 -10°C(공용 최저온도로서는 -20°C)에서는 세미블로운 아스팔트만이 규정에서 벗어난 결과를 나타냈다.

3.2 기존 평가시험과의 비교

기존 평가시험과의 비교를 보면, 건설성 토목연구소는 공용 열화, 소성변형, 저온균열 등과의 관계를 검토하였다. 그림 3은 휠트래킹시험과 비교한 결과이다. 스트레이트 아스팔트, 개질 아스팔트를 포함하여 상당히 높은 상관성을 나타냈다.

또, 타 기관에서도 수퍼페이브 바인더 시험에 대한 검토가 이루어져 소성변형과 관련있는 DSR시험과 휠트래킹시험의 상관성 조사 예가 다수 보고되었다⁴⁾.

3.3 공용성상과의 비교

PAV는 공용 열화를 시뮬레이트하는 시험방법이며, 이에 대해서는 TFOT 등 중전의 시험이나 옥의노출시험과의 비교, 일본내 공용중인 포장에서 채취한 아스팔트와의 비교 연구가 진행 중이다. 한편, 재생골재의 연구용 샘플 전처리로서의 검토도 이루어지고 있다. 건설성 토목연구소에서 실시한 조사⁵⁾를 보면, 5년 또는 10년간 공용한 17개 공구를 선정하여 공용 열화 아스팔트를 채취했다. 채취는 공구단위로 주행부, 노면부로 나누어 실시하였으며 그 결과 PAV시험에서는 노면부 부근에 열화를 나타냈으며, 주행부는 노면부보다 아스팔트 열화가 적고 주행부의 평가에는 약간 엄격한 평가가 된다고 한다.

4. 수퍼페이브 혼합물시험에 관한 연구

수퍼페이브 혼합물시험은 발표가 바인더시험보다 늦었고 Gyrotory Compactor 이외에는 일본에 그다지 도입되지 않았다. 특히 Superpave Shear Tester(SST)는 상당히 고가이므로 건설성 토목연구소 이외에서는 아직 도입되지 않은 상황이다. 아직 유효성을 검증하고 있는 단계이며 설계법 등을 도입할 것인지 논의할 수 있는 단계에 이르지 못했다.

4.1 Gyrotory Compactor

Gyrotory Compactor 그 자체는 상당히 오래전에 일본에 소개되었는데⁶⁾, SHRP의 성과로서 개량된 Superpave Gyrotory Compactor(이하, SGC) 도입은 1994년무렵부터 시작되었다. 현재 일본내에 약 30대의 SGC가 도입되었다.

SGC에 관한 연구로서는 각 연구소 단독의 연구사례⁷⁾도 보고되어 있는데, 건설성 토목연구소를 중심으로 한 「쯔쿠바포장기술연구교류회」에서 각 연구기계간 오차나 인적오차가 검증되었다⁸⁾. 공통시험결과의 일례로서 그림 4에 선회수 100회시의 공극률의 비교결과를, 표 4에 제조업체간의 유의차 검증결과를 나타냈다. D사, E사의 것은 타 3개사의 것과 명확히 다른 결과를 나타냈으며, 제조업체간의 차가 발생하였다.

표 4. 제조업체간의 유의차 검증결과

	A사제	B사제	C사제	D사제	E사제
A사제		0.012	2.25	148.9	66.66
B사제			3.206	273.6	70.93
C사제				66.92	75.05
D사제					183.9
E사제					

SGC에 대해서도 일본내에서는 아직 연구 단계이며, 수퍼페이브 레벨 1의 배합설계 방법을



실제 현장에 적용하는 단계가 아니다.

4.2 Superpave Shear Tester(SST)

일본에서는 유일하게 1996년에 건설성 토목연구소에 도입되었다. 연구방침으로서는 타 시험방법과 마찬가지로 수퍼페이브에 의한 아스팔트 혼합물 배합설계 방법의 일본에의 도입이라기 보다는 아스팔트 혼합물의 내유동성을 평가하기 위한 새로운 시험방법으로서 연구가 이루어진다. 수퍼페이브에서는 SST를 이용한 6종류의 시험방법이 제안되어 있는데 일본에서는 특히 내유동성 평가와 관계가 깊은 이하의 시험에 주목하여 휠트랙킹시험결과와의 상관성을 조사했다⁹⁾.

- Simple Shear Test at Constant Height (SSCH)
- Frequency Sweep Test at Constant Height (FSCH)
- Repeated Shear Test at Constant Height (RSCH)

현재 이 시험방법들 중 RSCH에 대해 내유동성 평가시험방법으로서의 타당성을 검증하고 있다.

5. 결 론

이상 관공서의 연구소, 포장시공회사나 바인더 제조업체의 연구소를 중심으로 한 수퍼페이브 추진 상황을 소개했는데, 이들 연구는 수퍼페이브를 금후 일본의 규격으로 도입한다는 명확한 방향성을 지니는 것이 아니라,

- ① 수퍼페이브로 일본내의 재료를 평가하면 어떠한가,
- ② 종전의 시험방법 등으로는 평가할 수 없는 재료 성상을 수퍼페이브로 평가한다,

라는 방식이 주를 이룬다. 즉, 수퍼페이브를 시험해 보고 우수한 점만을 부분적으로 도입하려는 것이다. 금후 일본에서의 검토에 의해 유효하다고 확인된 시험방법에 한하여 표준화 검토가 진행될 것으로 본다. 신재료 도입이나 성능 규정화 등은 재료나 배합에 구애받지 않는 평가 시험이 필요하며, 이러한 의미에서도 수퍼페이브에 관한 금후의 연구가 기대된다.

참고문헌

- 1) 포장시험법편람별책, 일본도로협회, 1996
- 2) SHRP시험에 의한 일본 아스팔트의 성상에 대해, 제21회 일본도로회의 일반논문집, 일본도로협회, 1995. 10.
- 3) SHRP 바인더 사양에 관한 검토, 제21회 일본도로회의 일반논문집, 일본도로협회, 1995. 10.
- 4) DSR에 의한 점탄성 평가와 동적안정도의 관계에 대해, 제21회 일본도로회의 일반논문집, 일본도로협회, 1995. 10.
- 5) 공용 열화후의 아스팔트 성상과 촉진열화시험의 적용성, 토목기술, 40-7, 1998. 7.
- 6) 아스팔트 포장에 관한 시험, 건설도서, 1971. 9.
- 7) SUPERPAVE LEVEL 1의 적용에 관한 검토, 토목학회 제52회 연차학술강연논문집 제 V부분, 토목학회, 1997. 9.
- 8) SHRP 자이러토리시험기에 관한 공통시험에 대해, 토목학회 제53회 연차강연논문집 제 V부분, 토목학회, 1998. 10.
- 9) SUPERPAVE 전단시험기에 의한 내유동성 평가에 관한 연구, 토목학회 제53회 연차학술강연논문집 제 V부분, 토목학회, 1998. 10.