

미국 캘리포니아주 교통국 포장가속시험기 소개

박 동 엽*

Full-scale 포장가속 시험(APT, Accelerated Pavement Testing)은 20년 이상의 장기 포장 공용성을 단기간에 모사할 수 있는 관계로 외국에서 이미 개발되어 많이 부분에서 활용되고 있다. APT 활용에 따른 장점, 이익등 세부 사항은 이미 국내외의 여러 논문 등에서 소개되어 알려져 있다. 국내에서는 최근에 한양대학교 교통공학과 첨단도로연구센터(ERC)와 한국도로공사에서 각각 Full-Scale APT 장비를 개발 중에 있다. 지난 1월 미국 Berkeley소재 캘리포니아 주립대학교의 포장연구소 (Pavement Research Center, PRC)를 방문하여 California Heavy Vehicle Simulator (CALHVS)와 그 운영을 참관하였다. 이에 CALHVS를 중심으로 세계 여러 나라의 APT 장비를 간략하게 소개하고자 한다.

HVS는 남아프리카 공화국 과학기술위원회 산하 연구소인 CSIR (Council for Scientific and Industrial Research)에 의해 설계된 이동식 포장가속시험기로 매우 다양한 포장구조체를 대상으로 실험이 이루어졌다. 그림 1 에서와 같이 HVS는 최대 15km/h의 속도와 15ton의 하중으로 시간당 최대 1,000회의 반복하중으로 포장체 표면에 재하한다. 이는 2~3개월의 가속시험으로 20년 정도의 포장 공용효과를 모사할 수 있다.

현재 미국 캘리포니아 교통국은 두개의 HVS를

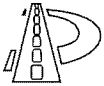
보유하고 있는데 각각 현장과 연구소의 실험에 활용되고 있다.



그림1. California Heavy Vehicle Simulator (CALHVS)

HVS의 가격은 1백만 달러 정도의 고가이나 연간 캘리포니아 교통국의 도로보수 비용이 약 5~6억 달러 정도인 것을 감안하면 HVS의 도입과 활용으로 야기된 유지관리비의 효율화는 매우 의미가 있다. 캘리포니아 주립대 포장연구소(PRC)는 하나의 연구과제가 계획되면 각 분야의 포장관련 담당 엔지니어들이 있어 (예를 들어 각종 계측 장비 담당, 실내 실험 담당, test pit 시공 담당, HVS 조정 및 관리 담당 등·) 각자의 분야에 해당하는 계획서를 작성하고 연구책임자

* 정회원 · 한양대학교 교통공학과 ERC 연구교수

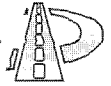


가 이를 취합하여 최종 계획안을 만드는 형식으로 연구과제를 진행하고 있다. HVS를 이용한 시험과 함께 실험실에서 다양한 장비를 갖추고 실내 시험을 병행하여 포장 재료의 특성치와 연계시켜 연구를 진행하고 있었다.

그 이외에 현재 외국에서 사용되는 몇 개의 APT Program을 정리하면 표 1과 같다.

표 1. 각국의 포장가속시험기 현황

장비명	개발국, 연도	주요 제원					환경제어
		하중 (ton)	속도 (km/h)	Test Section (m)	형식	Lateral Wander	
ALF	Australia 1984	4-8	20	12	직선형/이동식	1m or 1.4m (normal distribution)	×
SAHVS	South Africa 1971	20	12-20	8	직선형/이동식	1.5m stepped 100mm interval	×
TxMLS	USA 1995	3.5-19.1	41	11.1	직선형/이동식	1.04m/Wheel set stepped 75mm interval	온도
LINTRACK	Netherlands 1991	1.5-10	20	11.5	직선형	1.5m normal distribution stepped 10mm interval	온도
PTF	United Kingdom 1984	10	20	10	직선형	-	온도
LCPC	France 1978	4-14	100	34 (직경)	원형	1m for dual wheel 0.75m for single wide wheels	온도, 우수, 지하수위
CAPTIF	New Zealand 1987	2.1-6	50	18.4 (직경)	원형	-	부분적
CEDEX	Spain 1987	5.5-7.5	60	150	직선형	1.3m	공기
BASt	Spain 1987	2-10	2	1.8×2.1	충격식	-	-
ERC-APT	한국 (한양대) 개발중	11	8-20	12.2	직선형	Random(normal) distribution	온도, 지하수위
KHC-APT	한국 (도로공사)	18-36	30	32 (직경)	원형	±300 mm	-



2002년 제81회 TRB 연차 총회 참관기

박 동 업*

1. 개 요

제81회 미국 교통 학회 (Transportation Research Board (TRB)) 연례회의가 2002년 1월 13일부터 17일까지 미국 Washington D.C.의 Marriott Wardman Park Hotel, Hilton Washington Hotel, Omni Shoreham Hotel에서 동시에 개최되었다. 이번 총회에서는 500개가 넘는 session에서 2,200개 이상의 학술 및 기술 논문이 발표되었고 이후 발표자와 참석자들의 질의 응답 방식으로 진행되었다. 국내에서도 교통, 도로 및 기타 토목 분야의 관계자들이 참석하였고 많은 국내외 학자들의 논문 발표가 있었다. 이와 함께 총회기간 동안 Marriot Hotel 지하층에서는 TRB, AASHTO, FHWA의 많은 도로, 교통에 관련된 단체와 업체들의 도서, 신기술, software, 장비 등의 전시회가 열려 관심을 끌었다.

2. Session과 Event 현황

2.1 설계법분야

개막일인 1월 13일 일요일에는 특정 분야의 현황과 연구 정보 교환을 위한 특별 행사 (special events)와 workshop이 있었다. 특히 도로분야에서 관심을 끈 "2002 Guide for Mechanistic - Empirical Pavement Design: Status" workshop

에서는 2002 AASHTO guide의 M-E design 공법을 개발하고 있는 NCHRP 프로젝트 연구원들이 현재 그들이 개발한 software를 소개하고 개발한 공법의 검정과 검증에 대해서 소개하였다. 그리고 어떻게 이것을 적용할 것인지에 대한 논의가 이루어졌다. 이 workshop에는 많은 외국 학자들 뿐 아니라 국내외의 한인 학자들도 많이 참관해 한 국형 포장설계법 개발 프로젝트를 시작하는 시점에서 귀중한 시간이 되었다.

교통량을 정량화하는 부분에서는 Axle Load Spectra를 어떻게 분석하고, 어떠한 방법으로 포장시스템의 구조특성 및 환경하중과 결합하느냐에 대한 논의가 이루어졌다. 그리고 설계입력변수는 Hierarchical Approach에 따라 각 레벨별로 다음의 표 1, 표 2와 같은 방법 및 절차를 설계에 활용하도록 하는 것이 논의가 되었다.

역학적 해석 분야에서는 해석도구의 적용성에 대한 토의가 이루어졌으나, 당초 논의가 되었던 2.5D FEM 해석 및 절차상의 특이점은 없었던 것으로 판단되었다. 그리고 공용성 예측모델에 대해서는 어느 정도 함수정립이 이루어져 가고 있음을 알 수 있었고, 기본 원칙들은 기존 자료를 고수하는 형태로 연구가 진행되어져 가고 있었다.

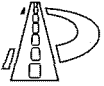


표 1. 아스팔트 재료의 물성 입력자료

Design Type	Input Level	Description
New	1	Conduct E*(complex modulus) lab test, conduct Gb-(on binder, simulate aging of mix, develop mix master curve
	2	Use E* predictive equation, conduct Gb-(on binder, develop mix master curve
	3	Use E* predictive equation, develop mix master curve
Rehabilitation	1	FWD backcalculation, develop mix master curve with aging, lab testing of cores
	2	Mix properties from cores, develop mix master curve
	3	Develop undamaged mix master curve from typical mix properties, adjust for damage based on distress surveys

2.2 성능개선 및 유지관리분야

과거와 같이 꾸준히 진행되어진 성능개선 분야에서 아스팔트 혼합물의 개선된 물성 평가 방안 에 대한 연구, 콘크리트 포장 초기거동 특성에 대한 연구, 그리고 환경 및 동적 하중특성에 대한 역학적인 접근 방안 에 대한 연구 등도 예년과 같이 활발하게 발표되고 토의되었다.

특히 유지관리분야에서 수명기간이 도래했거나 곧 도래하는 포장체의 수명연장에 대한 대책마련 의 일환으로 도로포장의 사전 유지관리(Pavement Preventive Maintenance)개념을 도입한 포장의 물성평가 및 사전조치 분야에 대한 연구가 눈에 띄 는 부분 중의 하나였다. FHWA와 Foundation for Pavement Preservation(FPP)을 주축으로 하는 본 분야는 시공, 재료선정 및 설계, 수행전략, 공

용성 평가, 교육, 정책, 그리고 기타 등의 세부분 야로 나누어 별도의 토의 모임과 작업그룹을 조 직하고 있었으며, 관련논문도 발표가 다수 이루어 졌다.

재활용 분야에서도 실제 적용을 위한 구체적인 작업들이 활발히 진행되어지고 있는 분위기를 각 Session이나 전시회 부스에서 느낄 수 있었다.

표 2. 콘크리트 재료의 물성 입력자료

Design Type	Input Level	Description
New	1	Lab determined Ec modulus, ASTM C-469 (7.14,28,90 days)
	2	Modulus estimated from compressive strength by $E_c=33(3/2(f_c))^{1/2}$ ((=unit weight, pcf; f_c =compressive strength, psi)
	3	Select typical values based on agency experience
Rehabilitation (Intact Slabs)	1	FWD backcalculation or coring and lab testing (see 1 above)
	2	Same as 2 above
	3	Select typical value based on agency experience
Rehabilitation (Fractured Slabs)	1	FWD backcalculation of fractured slab
	2	Method provides a tabular Ec value based on slab condition
	3	Method provides a tabular Ec value based on nominal fractured slab size

3. 소모임 및 분과위원회

주제별 소모임(Sub-committee meeting)을 비롯 한 분과위원회 모임(Committee Meeting)들도 TRB 연차회의 기간 동안 전 분야에 걸쳐 열렸는데 이 모임은 해당분과위원들 뿐만 아니라 일반 총회참석 자들에게도 개방되어 많은 이들이 자신의 관심주제



에 맞추어 분과모임을 방청하였다. 이러한 각종 모임은 외국의 최신 기술과 쟁점 등을 파악하고 정보를 얻을 수 있는 좋은 기회가 되었다.

4. 국내연구자 발표

1월 14일(월요일)부터 17일(목요일) 오전까지 3개 호텔의 30여개의 회의장에서 아침 8시부터 저녁 9시가 넘어서까지 계속되는 정규 session에서는 많은 국내 학자들이 논문을 발표하였으며,

발표자	논문제목
이도성(감사원), Karim Chatti (Michigan State Univ.) 외	Development of Roughness Thresholds for Preventive Maintenance Action Use of Pavement Management System Distress and Ride Quality Data to Determine Roughness Thresholds for Preventive Maintenance by Smoothing Action Development of New Profile-Based Truck Dynamic Load Index
서영찬(한양대학교), 이승우(대우건설 기술연구소) 외	Evaluation of Subbase Friction for Typical Korean Concrete Pavement
박동엽, 서영찬 (한양대학교) 외	Impact of Geosynthetic Placement Location on Viscoelastic Responses of Reinforced Flexible Pavements
조윤호 (중앙대학교) 외	Evaluation of Bikeways by Discriminant Analysis and Analytic Hierarchy Process Early Failure in Airport Concrete Pavement and Its Rehabilitation: Case Study of Incheon International Airport
서영찬, 박동엽 (한양대학교) 외	Development of Deterioration Prediction Models for Airfield Rigid Pavements

포장관련분야의 발표논문의 제목과 발표자를 간단히 정리하면 다음과 같다. 이러한 국내 학자들의 발표는 국내의 연구성과를 과시하는 좋은 계기가 되었다.

5. 맺음말

이번 총회는 2001년 9월 11일에 발생한 미국 테러 사건의 영향을 받지 않을까 하는 우려가 있었으나 전반적으로 예년과 비슷한 규모로 순조롭게 진행되었다. 필자는 이번 TRB총회에 참가하기 전에 미국 Berkeley 대학내의 도로연구소(Pavement Research Center)를 방문하여 포장 가속 시험 장비인 California Heavy Vehicle Simulator (CALHVS)와 그 운영을 참관하였다. TRB와 Berkeley 대학내 도로연구소를 방문하고 느낀 점은 가끔 우리 자신을 낮추어 보는 사람들을 볼 수 있음에도 불구하고 이제는 우리의 학문 수준과 연구소 시설등이 우리 사회가 바라보는 만큼 낙후되어 있지 않다는 것이다. 오히려 부족한 자원을 가지고 여기까지 온 것도 대단한 성과라고 필자는 생각한다. 다만 운영체계가 합리적이지 못한 부분이 있어 기술 축적의 미흡함과 정보 교환 등이 제대로 이루어지지 못해서 가끔 문제를 야기하지 않나 생각해 본다. 개인적인 문제에 있어서도 우리 자신과 타인의 가치를 평가 절하하려고 하기 보다는 인정하려고 할 때 한 걸음 더 나아 갈 수 있지 않을까 생각한다.