



굴착, 관 매입 및 다짐 연속과정에 따른 포장하부구조 강성평가

Substructure Evaluation of Pavement due to Excavation and Recompaction Sequences for Pipe Installation

임 유 진* 박 재 범**
Lim, Yu Jin Park, Jae Beom

Abstract

Pipe installation following excavation of pavement and underlying-soils induces settlements, cracks and bad roughness near utility cut. This study is to use PMT and LDWT in order to evaluate stiffness and/or degree of compaction of sublayers and backfill in utility cut section because no specially designed efforts for evaluating stiffness condition of the substructures below new pavement after pipe installation are offered at this time. From test results of PMT, comparable stiffness and/or degree of compaction in recompaction process is not obtained comparing to that of the existing sublayers before excavation. Thickness of the new surface layer after pipe installation must be designed thicker than that of the existing surface layer. It is verified that LDWT comparing to PMT is effective only to get stiffness and/or degree of compaction within limited depth from surface of materials, but it is not useful to evaluate stiffness of substructures in full depth in case of utility cut.

Keywords : excavation, compaction, pipe installation, pressuremeter test, repavement

요 지

매설관은 기존 포장의 제거와 굴착후 다짐 및 재포장에 의해 시공되며 주변지반의 침하와 균열, 재포장부의 침하발생과 평탄성 저하를 초래한다. 본 연구에서는 매설관의 설치와 뒷채움재의 다짐 및 재포장 등 일련의 시공과정에서 간과되고 있는 포장하부구조의 물성치 획득방법으로서 공내재하시험 및 동평판재하시험을 채택하였다. 공내재하시험 비교 결과, 관매설 및 새로운 뒷채움재의 다짐으로 인해 충분한 하부지반 강성이 굴착전에 비하여 획득되지 못함을 확인하였다. 재포장층의 두께는 기존층에 비하여 더 두껍게 설계되어야 함을 의미한다. 동평판시험은 공내재하시험에 비하여 층표면 강성을 파악하기에는 효과적이지만 매설관의 하부구성층 또는 뒷채움재 등의 전체 강성 또는 다짐도를 정확히 파악할 수 없음을 확인하였다.

핵심용어 : 굴착, 다짐, 매설관, 공내재하시험, 재포장

* 정회원 · 배재대학교 건설환경공학과 부교수 · 공학박사(E-mail : yujin@pcu.ac.kr)

** 비회원 · 배재대학교 건설환경공학과 석사과정 · 공학사



1. 서론

최근 도심지를 관통하는 각종 매설관의 수요증대로 인해 도로 굴착공사가 빈번해지고 있다. 매설관은 정보통신 전용선관 및 가스관, 전화선관, 상·하수도관 및 전력선관 등의 지반내 매입시를 통칭하는 것이다. 매설관의 시공특성상 개착부 주변지반의 침하와 균열발생 및 이로 인한 재포장 시공된 도로의 불균등한 포장면으로 인해 평탄성이 저하되고, 재시공·재포장으로 인한 경제적 손실이 따른다. 보통 매설관 주위의 지반 및 재포장 특성을 간과한 채로 이루어지는 설계와 공사 관행으로 인해 공사종료 후 다수의 다짐과 덧씌우기 포장을 수반하기도 하며 기존 도로 포장의 내구수명을 상당히 단축시킨다. 이에 따라 매설관 주위의 지반특성과 뒷채움재의 재료특성 및 다짐특성, 도로 포장의 시공 및 공용상태 등을 고려한 매설관 시공시의 기존 도로 개착 후 재포장 설계법의 개발이 시급하다.

현재 국내에서 사용되고 있는 도로 포장설계법은 미국 AASHTO설계법(1972 및 1986 설계법)을 차용한 것으로 이들 설계법은 도로하부 기초가 되는 보조기층 및 노상으로 사용될 재료에 대한 실내 CBR 시험 또는 실내 Mr시험을 이용하여 아스팔트 포장설계를 실시한다. 따라서 본 연구의 중심내용으로 하는 도심 도로포장면의 좁은 굴착과 매설관 설치, 채움재의 다짐 및 이에 따른 포장 재시공은 개착전 기존 도로포장체와 하부지반과의 상관성을 고려하여야 하고 현장에서의 직접시험에 의한 지반 물성치 및 포장 하부특성치의 확보와 적절한 평가를 요구한다. 본 연구는 매설관의 설치와 뒷채움재의 다짐 및 재포장 등 일련의 시공과정에서 간과되고 있는 포장하부구조의 물성치 획득방법을 정량화하고 계량화하여 체계적인 재포장시의 하부구조 평가기술을 개발 하는데 본 연구의 최종적인 목적이 있다.

도로 신설 또는 덧씌우기 포장설계법에 대한 선행 연구는 국내 및 국외의 여러 연구자에 의해 이루어져 왔다(박형순 외, 2005; AASHTO, 1993;

NCHRP, 2002; 이석근 외, 2000). 그러나 본 연구에서 대상으로 삼는 기존 포장면의 절개와 일정 깊이 굴착후 기성의 파이프구조물의 설치 및 흙채움과 다짐, 재포장에 따른 일련의 관련된 문제를 공학적으로 해결하고자 하는 시도는 매우 드물었다. 이와 관련된 국내외의 유사 연구로는 매설관 뒷채움재료의 유동성과 다짐에 관한 연구(박재현 외, 2004), 현장 매설관 개착으로 인한 포장에 미치는 문제점 조사(Jensen 등, 2005) 등이 있다. 매설된 연성관에 관한 연구로는 차량하중을 받는 연성관의 거동특성에 관한 실험연구(이대수 등, 2003), 관로이격거리에 따른 연성관의 거동특성 연구(이대수 등, 2003), 다짐 풍화토지반에 매설된 매설관의 지표 상재하중으로 인한 매설관의 변형해석(박준범 등, 1998) 및 지중 매설관에 작용하는 토압에 관한 연구(홍원표 외, 2001)등이 있다. 따라서 매설관 설치를 위한 기존 포장도로의 굴착과 매설, 재다짐 및 재포장 등의 연속적인 시공순서에 따른 매설관 설치위치에서의 기존 도로 하부지반과 재포장의 공학적 평가기술 개발에 관한 연구는 매우 드물다.

본 연구의 목적을 달성하기 위하여 개착 전 후 포장 하부층의 강성을 평가 할 수 있는 시험방법으로서 동적평판재하시험(Light Drop Weight Test ; LDWT)을 이용하여 획득된 동적탄성계수(E_d)와 공내재하시험(Pressuremeter Test ; PMT)에서 구한 탄성계수(E_0 , E_R)의 연관성 및 장단점을 비교, 분석하였으며 이를 바탕으로 매설관 설치에 따라 발생하는 포장하부구조의 강성변화를 평가할 수 있는 시험체계의 수립을 모색하였다.

2. 공내재하시험 및 동평판재하시험

2.1 공내재하시험

Briaud 등(1983), 장덕순(2003), 임유진 등(2004) 등은 공내재하시험(PMT)에 의하여 획득되

는 지반변형계수(E)를 응력수준의 영향, 변형률 크기의 영향, 반복재하횟수(N) 및 재하기간(t)의 영향을 고려하여 수정하는 방법을 식(1)과 같이 하나의 표현식으로 제안한 바 있다.

$$E = \frac{1}{\frac{1}{K} \left(\frac{\theta}{P_a} \right)^{-n_s} + b\epsilon} \left(\frac{t_1}{t_0} \right)^{-n_r} N^{+n_c} \quad (1)$$

여기서, ϵ = 변형률

K = modulus number

θ = 평균 유효응력

n_s = 응력 모델의 파라미터

n_r = 변형률 모델의 파라미터

n_c = cyclic 모델의 파라미터

N = 재하-재해하 cycles의 횟수

포장하부 강성평가에 사용할 수 있는 공내재하시험에 대한 일반적인 시험방법 및 데이터 취득과 이의 해석방법은 장덕순(2003) 및 임유진 등(2004)에 상세히 설명되어 있다. 본 연구를 위해 선정된 PENCEL형 공내재하시험기는 크게 본체, 튜브, 프로브의 3가지로 구성되며 시험기의 각 구성과 명칭은 그림 1과 같다.

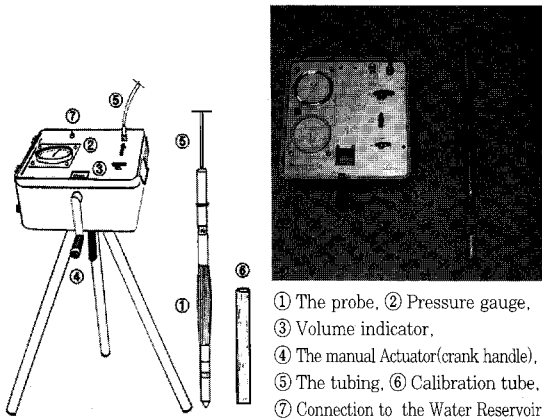


그림 1. PENCEL형 공내재하시험기의 개략도

- ① The probe, ② Pressure gauge,
- ③ Volume indicator,
- ④ The manual Actuator(crank handle),
- ⑤ The tubing, ⑥ Calibration tube,
- ⑦ Connection to the Water Reservoir

2.2 동평판재하시험

동평판재하시험(LDWT)은 도로포장 하부층의 강성과 지지력을 측정하기 위해 고안된 장비이다. LDWT는 설계개념이 고안된 나라와 제작회사에 따라 약간의 차이는 있으나 그 외형과 작동원리는 유사하다. 또한 운반의 용이성과 지반의 교란 없이 강성과 지지력을 빠르게 측정할 수 있다는 장점을 가지고 있기 때문에 독일 등 북유럽에서는 도로현장의 다짐관리 목적으로 이용되고 있다. 본 연구에서는 포장하부층의 강성을 평가하기 위하여 독일 GERHARD JORN사에 의해 개발된 동평판재하시험기(Light Drop Weight Tester ZFG 2000)를 채택하였다.

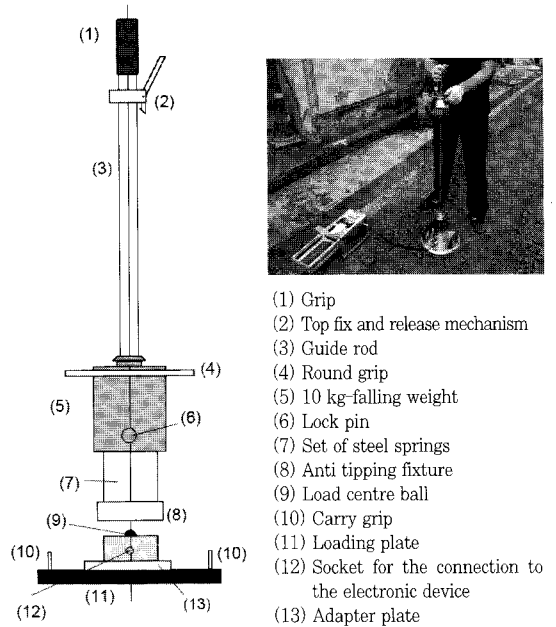


그림 2. Light Drop Weight Tester의 개요도

동평판재하시험기는 그림 2와 같이 재하판, 재하추 및 가이드 로드 등으로 구성되며 재하추의 낙하시 발생하는 충격에너지와 침하량을 이용하여 하부지반의 강성을 측정한다. 본 연구에서는 직경 300mm의 재하판을 사용하였다.

해당 장비는 낙하고 73cm에서 수직으로 10kg의

해머를 3회 자유 낙하시킨 후 3회 평균 탄성계수 값을 구하는 방법을 취한다. 측정된 결과 값은 센서와 연결된 컨트롤러 PC로 보내어지고 내장된 프로그램에 의해 지반강성이 계산된다. 재하추의 낙하충격에 의해 발생하는 침하량과 충격 시 재하판하부에 발생하는 압축응력을 이용, 식 (2)에 의해 동적지반반력 계수(E_{vd})를 환산한다.

$$E_{vd}(\text{MPa}) = 1.5r \frac{\Delta\sigma}{\Delta s} \quad (2)$$

여기서, r (mm) = 평판의 반지름,
 $\Delta\sigma$ (MPa) = 0.1(10kg의 무게일 경우),
 Δs (mm) = 침하량

3. 포장하부층 및 뒷채움재료의 시험

3.1 현장 시험 개요

굴착 전 기존 도로 포장면 하부와 굴착 후 매설관 설치 및 재다짐 완료후의 다짐상태에 의한 강성변화를 평가하기 위하여 서로 다른 특성을 가진 세 곳의 가스관 매설 공사현장(그림 3)을 선택하였다. 한 공사현장 당 3개의 구역씩 총 9구역을 시험구역으로 설정하고 각 현장에서 포장하부층의 강성과 뒷채움재료의 다짐후 강성을 파악하기 위하여 공내 재하시험(PMT) 및 동적평판재하시험(LDWT)을 실시하였다. 또한 현장의 다짐정도를 파악하기 위하여 현장들밀도 시험을 실시하였으며 각 현장에서 하부구성층 재료 및 뒷채움재료로 사용된 재료에 대하여 실내 토성시험을 실시하였다. 현장의 굴착된 하부구성층은 일반적인 노상층이 일부 쇠석재료와 혼합된 것으로서 주도도가 아닌 주택가 이면도로의 성격상 노상 상에 직접 아스팔트 포설된 것으로 판단되었다.

현장에서 사용한 매설관은 가스관전용 폴리에틸렌관(KS M 3514)으로서 제원은 표 1과 같으며 매설

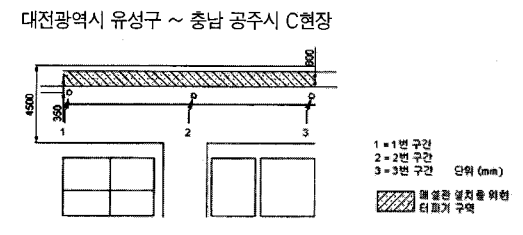
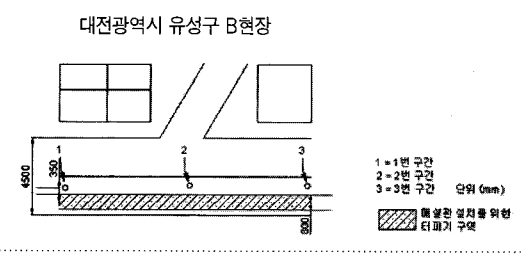
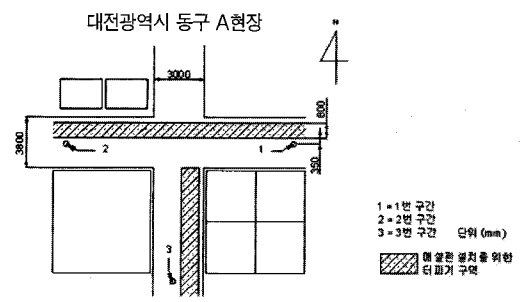


그림 3. 현장시험을 위한 시험위치의 개략도

표 1. 도시가스 KS M 3514 가스용 폴리에틸렌 매설관 제원

호칭 (mm)	규격		길이 (m)	E	최저 686.5N/mm ² 이상
	외경 (mm)	두께 (mm)		I	$\pi d^4/64 = \pi/64(500^4 - 408^4)$ = 1.708 × 10 ⁹ (mm ⁴)
50	50	4.6	6 또는 90	EI	1.1724 ± 10 ¹² N·mm ²

(단위 : mm)

관 설치전·후 3층 다짐(베딩모래, 모래+자갈, 쇠석)을 실시하여 매설되었다. 실내토성시험에 의하여 각 굴착된 하부구성층 재료 및 뒷채움재료의 물성을 파악하였으며 각각 표 2 및 표 3에 정리하였다.

표 2. 굴착된 현장 하부층재료 실내 토성시험 결과

구역(위치)	A 현장	B 현장	C 현장
흙의 분류(USCS)	SP	SP	SP
소성지수(PI)	N.P	N.P	N.P
액성한계(%)	25.7	28.3	21.9
실내다짐시험(γ_{d-max}) (t/m ³)	2.17	1.85	1.93
최적함수비(W_{opt})(%)	9.35	7.2	8.81%
현장들밀도 시험 결과 (γ_s)(t/m ³)	1.476	1.439	1.341
현장다짐함수비(%)	8.03	6.58	9.46%
다짐도(%)	90.61	94.54	91.36

표 3. 뒷채움재료 실내 토성시험 결과

구분	G_s	γ_{d-max} (t/m ³)	OMC (%)	C_c	C_u	#200체 통과량 (%)	C (kPa)	ϕ (deg)	PI	통일 분류법
노상(모래)	2.68	1.925	9.3	0.732	3.75	0.8	-	-	10	SW
보조기층 (모래+자갈)	2.70	2.095	11.70	7.00	7.58	0.6	-	-	N.P	SP
기층(쇄석)	2.65	-	-	1.49	10.75	-	-	-	N.P	GP

3.2 매설관 설치부에서의 시험 방법

매설관을 설치하기 위하여 기존 포장층의 제거와 하부구조(보조기층 및 노상)에 대한 소정깊이의 굴착이 필요하므로 덮개층 제거 후 기존 하부층 상단면 및 굴착 후 마무리면, 뒷채 시공 마무리면 및 덧씌우기 포장진 하부층 마무리면에 대하여 공내재하시험 및 동평판재하시험을 각각 그림 4와 같이 실시하였다. 공내재하시험(PMT)은 매설관 설치를 위한 터파기 경계에서 35cm 떨어진 곳에 햄머에 의한 직접타입방식을 사용하여 깊이 80cm까지 천공한 후 PMT 시험을 각 시험개소별 총 2회(포장층 제거 후, 표층 다짐 후)씩 실시하였다.

동평판재하시험(LDWT) 시험은 그림 4와 같이 시험개소별 총 5회(포장층 제거 후 기층상단, 노상면, 뒷채움재 포설 및 다짐 후, 보조기층 다짐 후, 기층 다짐 후)씩 실시하고 동적지반반력계수(E_{vd})를 구하였다. 현장들밀도 시험의 경우 포장층 제거 후 기층

상단에서 실시하였다. 실내 토성시험으로는 입도분석시험과 액·소성한계시험 및 실내 다짐시험을 실시하였다.

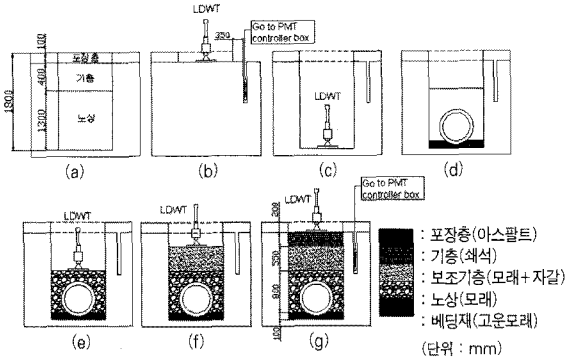


그림 4. 현장시험 순서별 모식도

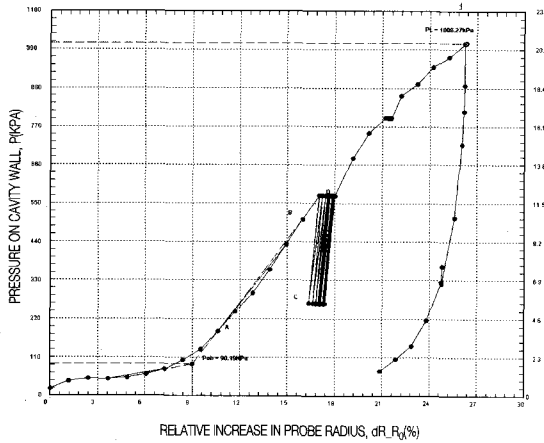
- 굴착된 도로횡단면, (b) 표층 제거 후 LDWT와 PMT 실시, (c) 최종굴착 마무리면 노상에서의 LDWT 실시, (d) 베딩재 포설 및 파이프 설치, (e) 뒷채움재 포설 및 다짐 후 LDWT 실시, (f) 보조기층 다짐 후 LDWT 실시, (g) 기층 다짐 후 LDWT와 PMT 실시

4. 시험 결과 및 분석

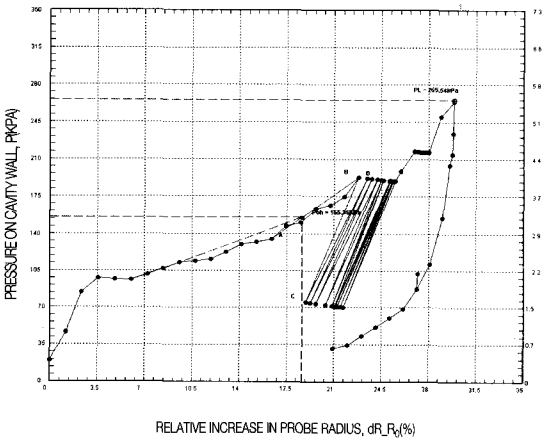
4.1 현장 시험 결과

각 현장의 구역별 들밀도 시험결과 및 자연함수비는 동일현장에서 거의 유사한 결과를 보였으며 LDWT 실험과 PMT 실험에서 다소의 차이를 보였다. 현장에서 측정된 공내재하시험 결과 즉, 대표적인 가압력(P)~반경비율($\Delta R/R_0$)관계는 그림 5와 같다.

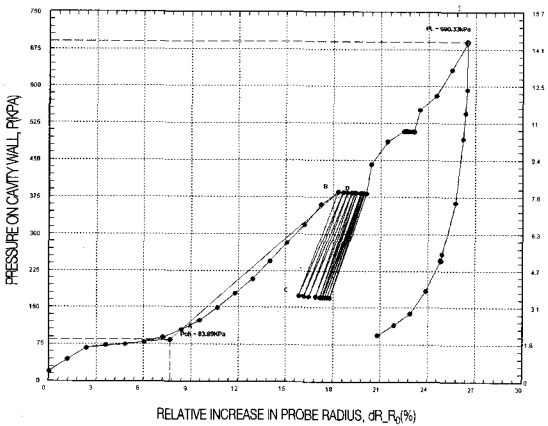
획득된 가압력(P)~반경비율($\Delta R/R_0$)관계로부터 하부지반의 강성을 파악할 수 있는 다양한 시험결과를 도출할 수 있다. 표 4(굴착 전 기층)와 표 6(뒷채움 다짐 후 기층)은 시험에서 획득된 데이터를 이용하여 계산된, PMT 영향인자(K, n_s, b, n_r, n_c)계산을 위한 입력 값(할선탄성계수, 반복하중 및 지속시간을 고려한 각 탄성계수: $E_{SEC}, E_1, E_2, E_{SO}, E_{SS}$)이며 표



(a) A현장



(b) B현장



(c) C현장

그림 5. 공내재하시험 결과 예

5(굴착 전 기층)와 표 7(뒷채움 다짐 후 기층)은 이로부터 계산된 PMT 영향인자이다(굴착 전 기층). 각 영향인자에 대한 구체적인 취득방법 및 정의는 장덕순(2003), 임유진 등(2004)에 상세히 설명되어있다. PMT에 의해 측정된 하부지반의 강성은 1)초기탄성계수(E_0),

표 4. PMT 영향인자 계산을 위한 입력 값(굴착 전 기층)

단위 (kPa)	입력 값 (kPa)								
	A현장			B현장			C현장		
	1번 구역	2번 구역	3번 구역	1번 구역	2번 구역	3번 구역	1번 구역	2번 구역	3번 구역
E_1	309123	196143	148780	62070.6	18906.2	24450.0	71458.6	130293	569603
E_2	93466.3	26803.9	21392.1	4370.37	7111.02	4088.23	29650.6	5925.87	7392.79
E_{SEC}	16147.6	16124.1	16059.9	6002.40	2491.96	4343.15	10145.6	9470.48	6825.39
E_{SO}	1051.14	1409.62	1641.35	669.06	237.28	415.22	732.47	740.86	1131.09
E_{S5}	1047.38	1413.25	1633.84	657.95	225.27	406.49	729.04	736.49	1122.37

표 5. 계산된 PMT 영향인자(굴착 전 기층)

	계산된 값								
	A현장			B현장			C현장		
	1번 구역	2번 구역	3번 구역	1번 구역	2번 구역	3번 구역	1번 구역	2번 구역	3번 구역
K	83523.41	24311.26	14261.49	45339.77	26021.98	33734.35	39846.7	13981.53	1341.47
n_s	1.461	2.145	2.128	3.6083	1.3146	2.5611	1.1498	3.7054	8.7097
b	1.231E-04	1.201E-04	1.023E-04	2.82E-04	4.00E-04	3.48E-04	1.69E-04	1.89E-04	2.56E-04
n_r	-2.23E-03	1.594E-03	-2.84E-03	-1.04E-02	-3.23E-02	-1.32E-02	-2.91E-01	-3.67E-03	-4.81E-03
n_c	0.295	4.834E-025	5.99E-02	1.77E-03	1.25E-01	6.94E-03	1.28E-01	1.04E-01	4.75E-03
E_0 (kPa)	895.133	1180.242	1342.839	655.63	255.07	403.15	625.39	606.04	951.66
E_R (kPa)	10165.262	10495.941	10455.900	6099.99	889.39	1291.52	6909.018	2079.89	2411.55
E (kPa) (K, N_s, b, N_r, N_c)	14451.383	22118.189	20311.011	7998.04	3022.79	5543.68	11604.67	10306.69	11755.81

표 6. PMT 영향인자 계산을 위한 입력 값(뒷채움 다짐 후 기층)

단위 (kPa)	입력 값 (kPa)								
	A현장			B현장			C현장		
	1번 구역	2번 구역	3번 구역	1번 구역	2번 구역	3번 구역	1번 구역	2번 구역	3번 구역
E_1	63449.4	47776.26	135738.8	15160.98			21473.74	16601.22	9290.41
E_2	10176.78	25081.07	21313.95	17166.23			7177.51	26909.07	3833.55
E_{SEC}	6596.376	10836.42	12713.91	1487.18			2491.95	8367.57	2266.54
E_{SO}	636.0939	746.087	1494.874	366.94			308.38	653.87	376.84
E_{S5}	626.564	743.1193	1482.624	394.32			302.31	650.80	373.87



표 7. 계산된 PMT 영향인자(뒷채움 다짐 후 기층)

	계산된 값									
	A현장			B현장			C현장			
	1번 구역	2번 구역	3번 구역	1번 구역	2번 구역	3번 구역	1번 구역	2번 구역	3번 구역	
K	35109.25	27664.16	26862.17	14827.22			29957.78	27393.16	5572.08	42847.55
n_s	2.558	1.569	2.266	-0.1096			1.3466	-1.3455	3.6601	3.7723
b	2.553E-04	2.992E-04	1.453E-04	1.92E-03	N/A		4.07E-04	2.43E-04	5.68E-04	3.16E-04
n_r	-9.38E-03	-2.47E-03	-5.11E-03	-8.80E-03			-1.24E-02	-2.92E-03	-4.92E-03	-7.11E-03
n_c	7.866E-02	4.711E-02	5.412E-02	4.41E-02			6.19E-02	1.47E-01	1.20E-01	-1.77E-02
E_0 (kPa)	555.755	652.591	1178.038	361.99			272.45	550.41	337.26	656.21
E_R (kPa)	3988.054	4771.144	5324.298	3124.62			1069.68	4633.90	1077.29	1502.76
E (kPa) (K, N_r, b, N_c, N_r)	8086.287	13309.010	16979.146	2238.60			3432.93	8538.56	2216.67	9322.84

2) 제하-재제하 탄성계수(E_R) 및 응력수준, 변형률 크기, 반복제하횟수(N) 및 재하기간(t)의 영향을 고려한 3) 지반변형계수(E)값으로 확인할 수 있다.

공내재하시험(PMT)결과, 뒷채움 다짐 후 기층부에서 측정된 값에 비하여 원지반 상태의 기층부에서 측정된 초기탄성계수(E_0)값이 평균 1.46배, 제하-재제하 탄성계수(E_R)값이 평균 1.87배, 지반변형계수(E)값이 1.66배 높게 나오는 것을 알 수 있었다. 이는 하부강성이 뒷채움 다짐에 의해 굴착전 상태로의 초기 값으로 완전히 회복되지 못하는 것을 의미한다. 즉, 판매설 및 새로운 뒷채움재의 다짐으로 인해 충분한 하부지반 강성이 획득되지 못함을 의미한다.

표 8은 동평판재하시험에 의한 동적지반반력계수(E_{vd})를 정리한 것이며 그림 8~그림 10은 각 현장별 축조순서에 따라 변하는 동적지반반력계수(E_{vd}) 값의 변화를 비교한 것이다. 동평판재하시험의 경우, 포장층 제거 후 기층면보다는 뒷채움 다짐 후 기층 면에서 동적지반반력계수(E_{vd})값이 평균 2.27배 높게 측정되었다. 아울러 층 다짐을 할수록 E_{vd} 값이 증가되었다. 또한 공내재하시험 결과와는 다르게 층따기 후 기층면에서 측정된 동적탄성계수가 가장 작게 측정되었으며 뒷채움 재다짐과 재시공된 보조기층 및 기층에서 측정된 동적탄성계수가 더 크게 측정되었다. 이

는 현장에서의 층다짐에 의해 층다짐 마무리면에서 측정된 동적탄성계수가 마무리면에서의 다짐효과를 실제보다 크게 산출될 수 있음을 의미한다. 즉, 공내재하시험의 경우 층의 일정깊이에서 강성을 측정하는 반면, 층표면에서 측정하는 강성은 하부에서의 강성을 정확하게 측정할 수 없음을 의미하는 것이다.

표 8. 각 층별 위치에 따른 동적지반반력계수(E_{vd}) 비교

	동적지반반력계수(MPa)								
	A현장			B현장			C현장		
	1번 구역	2번 구역	3번 구역	1번 구역	2번 구역	3번 구역	1번 구역	2번 구역	3번 구역
굴착전 기층	12.252	15.615	11.367	5.562	4.592	4.233	16.621	16.672	15.963
노상면	24.289	30.989	34.955	11.821	17.145	16.527	19.847	22.584	19.847
뒷채움 다짐 실행									
베딩 및 모래층	10.170	12.614	16.548	9.344	12.213	8.569	8.881	11.123	8.217
보조기층	22.780	14.074	18.297	15.912	22.912	16.547	15.926	21.149	16.441
기층	23.775	29.683	20.035	22.469	31.847	29.841	21.557	27.582	26.473

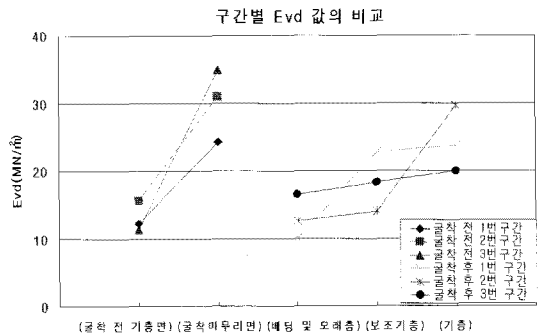


그림 8. A현장 구간별 LDWT 실험값

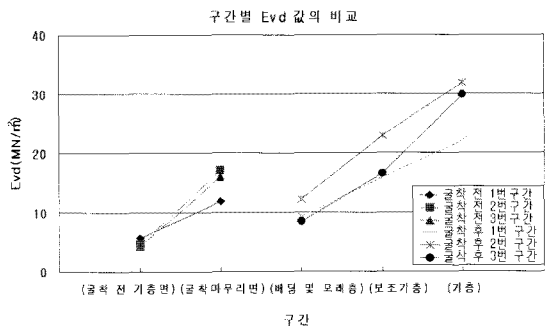


그림 9. B현장 구간별 LDWT 실험값

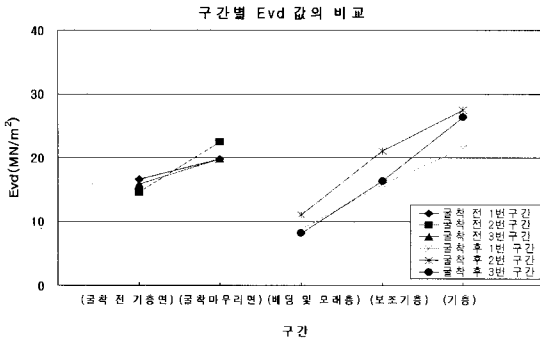


그림 10. C현장 구간별 LDWT 실험값

5. 결론

매설관의 설치과정 즉, 포장층제거, 굴착, 뒷채움재의 다짐 및 재포장 등 일련의 시공과정에서 간과되고 있는 포장하부층의 강성 획득방법으로서 공내재하시험 및 동평판재하시험을 채택하여 현장에서 매설관 축조순서에 따라 시험을 실시하였다. 두 시험에 의해 포장하부구조의 강성을 굴착전 및 재다짐후 각 층에서 획득하여 그 시험결과를 분석, 아래와 같은 결론을 내릴 수 있었다.

- (1) 관매설 및 새로운 뒷채움재의 다짐으로 인해 충분한 하부지반 강성이 획득되지 못함을 확인하였다. 동평판시험은 공내재하시험에 비하여 층표면 강성을 파악하기에는 효과적이지만 매설관의 하부구성층 또는 뒷채움재 등의 전체깊이에 대한 강성 또는 다짐도를 정확히 파악할 수 없음을 확인하였다.
- (2) 공내재하시험(PMT) 분석결과 포장하부구조의 강성이 뒷채움 다짐에 의해 굴착전 초기 값으로 완전히 회복되지 못하는 것을 확인하였다. 즉, 매설관 설치시 재포장하부층의 강성이 굴착전보다 작다는 것은 재포장층의 두께가 기존 포장층보다 더 두껍게 설계되어야 함을 의미한다.

- (3) 현장에서의 층다짐에 의해 층다짐 마무리면에서 측정된 동적탄성계수가 마무리면에서의 다짐효과를 실제보다 크게 산출할 수 있음을 확인하였다. 공내재하시험의 경우 층의 일정깊이에서 해당층 두께의 전체 강성을 측정하는 반면, 동적평판 또는 평판시험 등 층표면에서 측정하는 강성은 하부에서의 강성을 정확하게 측정할 수 없고 실제보다 과다한 다짐 또는 강성을 확보하였다는 잘못된 정보를 제공할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 건설기술혁신 연구개발사업의 연구비지원(과제번호 07-기술혁신-A01)(스마트하이웨이 사업단)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- 박재현, 이관호, 조재윤, 김석남(2004) "현장발생토 CLSM을 이용한 지하매설관의 변형특성" 한국지반공학회논문집, 제20권, 제3호, pp129~139
- 박준범, 정충기, 권호진, 최명진, 김준섭(1998) "풍화토에 매설된 관의 지표 상재하중으로 인한 변형거동", 대한토목학회논문집, 제18권, 제III-3호, pp.391~402
- 박형순, 이현중, 박희문 (2005) "아스팔트 포장의 역학적-경험적 설계 알고리즘 개발, 대한토목학회논문집, 제25권 5D호, pp661~669
- 이대수, 상현규, 김경열, 홍성연(2003) "관로이격거리에 따른 지중매설관의 거동특성 비교", 한국지반공학회 논문집, 제19권, 제5호, 한국지반공학회, pp.79~87
- 이대수, 상현규, 김경열(2002) "차량하중을 받는 지중연성관의 거동특성", 한국지반공학회 논문집, 제18권, 제4호, 한국지반공학회, pp.65~73
- 이석근, 오재원, 엄주용 (2000) "콘크리트 포장의 덧씌우기 설계 프로그램 개발
- 임유진, 누엔 티엔 하이, 장덕순 (2004) "공내재하시험에 의한 포장하부기초 강성도 평가", 한국도로학회



논문집, 제6권, 제2호, pp25~36

장덕순 (2003) "공내재하시험(PMT)을 이용한 도로포장체의 설계법 개발연구", 석사학위논문, 배재대학교 대학원.

최준성, 신대영, 김수일 (2003) "수치해석과 현장시험을 통한 주행하중의 이격거리 영향분석", 대한토목학회 논문집, 제23권 제2D호, pp167~177

홍원표, 한중근, 배태수(2001) "측방 변형지반내의 지중매설관에 작용하는 측방토압", 대한 토목학회 학술 발표회 논문집, pp1~4

Jensen, K.A., Schaefer, V.R., Suleiman, M.T. and White, D.J. (2005) "Characterization of Utility Cut Pavement Settlement and Repair Techniques", *Proc. the 2005 Mid-Continent Transportation Research Symposium*, Ames, Iowa

AASHTO (1993) "Guide for Design of Pavement Structures", American Association of State Highway and Transportation Officials

NCHRP (2002) "Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures", National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, National Research Board

Briaud, J.-L. (1979) "The pressuremeter: application to pavement design", Ph.D Dissertation, Dept. of Civil Engg., Univ. of Ottawa

Briaud, J.-L., Lytton, R. L. and Hung, J. T. (1983) "Obtaining Moduli from Cyclic Pressuremeter Tests", *Journal of Geotechnical Engineering, ASCE*, Vol. 109, No. 5, May 1983, pp. 657~665

접 수 일: 2009. 5. 13

심 사 일: 2009. 5. 13

심사완료일: 2009. 5. 27