

소형 충격 재하시험을 이용한 보조기층 다짐관리 연구

A Study on Establishing the Subbase Compaction Control Criteria of Light Falling Weight Deflectometer

한진석* 최준성** 김종민*** 김부일****

Han, Jin Seok • Choi, Jun Seong • Kim, Jong Min • Kim, Bu Il

1. 서 론

현재 국내에 포장 하부구조 다짐관리 기준은 현장 밀도를 측정하는 다짐도와 정적 하중에 의한 침하량을 측정 하는 평판재하시험으로 이루어 지고 있다. 그러나 다짐도는 현장 시공 경험을 바탕으로 이루어진 기준으로 포장 하부구조의 거동특성을 구체적이며 실제적으로 평가하기 어려우며, 평판재하시험은 정적 하중에 의한 거동 특성을 측정하므로 실제 운하중에 의한 하부구조의 동적 움직임을 평가하는데 어려움이 있다. 운하중에 의한 포장체 및 포장 하부구조의 거동 특성을 설명하기 위하여 AASHTO 설계법에서는 1986년부터 회복탄성계수(Resilient Modulus ; 이하 M_R) 개념을 도입하여 운하중에 의한 침하량 산정 및 재료 특성에 따른 변화를 연구하고 있으며, 국내 한국형 포장 설계법에서도 M_R 을 도입하여 연구 중에 있다.

포장 하부구조의 회복탄성계수 M_R 을 이용한 설계법은 실내 M_R 시험을 통하여 포장 하부구조 재료의 역학적 특성을 파악하고, 이를 현장에서 측정된 탄성계수와 비교하는 방식으로 이루어진다. 현재 현장 탄성계수를 측정하는 장비로는 SASW, Geogage, FWD, LFWD, DCP 등이 있으며, 본 연구에서는 보조기층의 탄성계수를 이용한 다짐관리 방법을 연구하기 위하여 탄성계수 측정 비파괴 장비인 소형충격재하시험기(Light Falling Weight Deflectometer 이하 LFWD)를 이용하였다.

보조기층 재료의 역학적 특성인 설계 탄성계수를 복잡하고 연구자의 숙련도에 따라 결과값 오차가 큰 실내 M_R 시험 대신 한국형 포장 설계법에서 제시한 인공신경망 공식을 이용하였다. 인공 신경망 공식은 보조기층 재료의 4번체 통과량과 최대건조단위중량 그리고 균등계수로 설계 M_R 값을 추정하였으며, 인공신경망 공식으로 찾은 설계 M_R 값과 소형 충격 재하시험기로 찾은 현장 탄성계수 E_{LFWD} 값을 비교하여 E_{LFWD} 값으로 설계 M_R 값을 예측할 수 있는 상관관계식을 만들었다, 이와 더불어 현재 다짐관리 기준인 들밀도 시험과 평판재하시험을 소형 충격 재하시험과 현장에서 동시 실시하였으며, 이를 통해 현장 탄성계수 E_{LFWD} 와 다짐도, E_{LFWD} 와 K_{30} 간의 상관관계도 분석하여, 현재 보조기층 다짐 기준인 두 시험법이 탄성계수를 이용한 다짐관리 기준에도 사용될 수 있는지 여부를 확인하였다.

본 연구에서 말하는 설계 M_R 값은 인공 신경망 공식으로 추정 한 M_R 값을 뜻하며, E_{LFWD} 는 소형 충격 재하시험기로 측정된 보조기층 현장 탄성계수를 말한다.

2. 국내 보조기층의 재료적 특성

국내 도로의 고속도로와 국도 중 고속도로 현장에서 사용되는 입상 보조기층 재료의 기초 특성은 “노상도 및 보조기층 재료의 대체 M_R 시험법 개발에 관한 연구(한국도로공사, 1997)”의 자료와 “한국형 포장 설계법

* 정희원 • 세종대학교 토목환경공학과 • 박사과정 • 02-464-0716(Email : for1000dayshan@nate.com)

** 정희원 • 인덕대학 토목환경설계과 교수 • 공학박사 • 02-950-7565(Email : soilpave@induk.ac.kr)

*** 정희원 • 세종대학교 토목환경공학과 교수 • 공학박사 • 02-3408-3293(Email : jongmin@sejong.ac.kr)

**** 정희원 • 한국건설기술연구원 도로연구부 선임연구원 • 공학박사 • 031-910-0240(Email : bikim@kict.re.kr)

개발과 포장성능 개선방안 연구”에서 시험한 자료를 바탕으로 정리하였다. 한편, 국도에 사용되는 입상 보조기층 재료의 기초특성에 대해서는 시공되고 있는 현장의 자료를 중심으로 조사되었다. 표 1과 같이, 입상의 보조기층 재료는 GP 또는 GW로 분류되고, 비소성(NP)이며, #200체 통과량이 거의 대부분 5% 미만으로 나타나고 있다. CBR 값은 40에서 80정도까지 매우 넓게 분포하는 것으로 나타나고 있으나, 지지력계수의 변화 폭이 작아 전반적으로 노상토에 비하여 그 특성이 매우 좁은 범위에 있는 것으로 나타났다. 이것은 보조기층 재료가 노상토와는 달리 쇄석과 모래를 혼합하여 인공적으로 만들어 사용하며, 표 2에서 보는 바와 같이 보조기층 입도 기준의 200번체 통과량(지름 0.08mm)이 10% 이하로 매우 적기 때문이다.

표 1. 국내 보조기층 재료의 기초 특성

Soil Type	구 분		조사결과					비 고
	구 성 비 (%)	구 분	GP	GW	SW	SP	기타	
Soil Type	구 성 비 (%)	고속도로	17.2	62.1	-	3.4	17.2	29개 자료
		국도	-	55.5	5.6	5.6	33.3	18개 자료
소성지수 (PI)	구 분		NP	5% 이하	5~10%	10%초과	-	
	구 성 비 (%)	고속도로	100	-	-	-	-	
		국도	94.4	-	-	5.6	-	
#200 통과량	구 분		5%이하	5~10%	10~15%	15~20%	20% 초과	
	구 성 비 (%)	고속도로	89.7	10.3	-	-	-	
		국도	66.7	22.2	11.1	-	-	
CBR (%)	구 분		30~40	10~50	50~60	60~70	70초과	
	구 성 비 (%)	고속도로	8.3	16.7	29.2	16.7	29.2	
		국도	5.6	16.7	27.7	22.2	27.8	
K ₃₀	구 분		10~20	20~25	25~30	30~35	30초과	
	구 성 비 (%)	고속도로	-	-	-	-	-	
		국도	-	-	5.6	72.2	22.2	

표 2. 국내 보조기층 재료 입도 기준

호칭 입경	공칭 입경에 대한 체 통과중량 백분율(%)							
	75mm	50mm	40mm	20mm	5mm	2mm	0.4mm	0.08mm
SB-1	100	-	70~100	50~90	30~65	20~55	5~25	2~10
SB-2	-	100	80~100	55~100	30~70	20~55	5~30	2~10

3. 국내 보조기층 다짐 기준 문제점

국내 보조기층 다짐 기준은 도로공사 표준 시방서(국토해양부 2009)와 국토해양부 고시 건설공사 품질시험 기준에 따르면, 현장 밀도 시험을 실시하거나, 현장 밀도 시험이 여의치 않은 경우 평판재하시험을 실시하도록 하고 있다. 그러나, 현장 밀도 시험은 오랜 시공 경험에 의해 얻어진 경험적 설계 기준으로 보조기층 재료의 입도 분포 및 균등계수에 따른 역학적 특성을 나타낼 수 없으며, 보조기층 다짐 품질 기준의 역할만 할 수 있다. 또한, 평판재하시험은 독일 및 미국에서 사용하는 동적 하중 재하시험이 아닌, 정적 하중 재하시험으로 보조기층의 다짐도를 평가하며, 이는 윤하중에 의한 포장 하부구조체의 역학적 거동 분석과 상이한 분석 방법이다.

따라서, 현장 밀도에 따른 다짐도와 정적 하중 재하에 따른 국내 평판재하시험은 실제 차량의 거동 특성인 반복하중에 따른 포장체 분석에 많은 어려움이 있으며, 이에 본 연구에서는 보조기층에 반복적인 충격량을 가하고, 그에 따른 침하량을 분석하여 현장 탄성계수를 산출하는 소형 충격 재하시험기를 선정하여 본 연구

에 활용하였다.

4. 시험 계획

보조기층의 탄성계수를 이용한 다짐관리를 위해서는 현장 측정 탄성계수와 비교할 수 있는 기준이 있어야 한다. 이 기준 값은 현장 보조기층 시료를 실내 표준 M_R 시험으로 얻은 설계 M_R 값이어야 하나, 시험이 복잡하고 고도의 숙련도를 요구하여, 시험자의 숙련도에 따라 변수 폭이 큰 단점이 있다. 본 연구에서는 실내 표준 M_R 시험을 대신하여, 한국형 도로 설계법에서 제시한 다짐 재료의 기초 물성 값으로 M_R 값을 예측하는 인공신경망 방식을 사용하여 설계 M_R 값을 계산하였다. 또한 현장 탄성계수는 소형 충격 재하시험을 이용한 E_{LFWD} 값을 사용하여 설계 M_R 과 E_{LFWD} 간의 상관관계를 분석하였다. 현장 탄성계수 측정 후에는 기존 다짐관리 기준과 역학적 탄성계수 연관성 여부를 파악하기 위하여 현장 밀도 시험 및 평판재하시험을 실시하였으며 이를 통해 상관관계를 분석하였다.

5. 시험 결과

보조기층 현장 시험은 9구간에 걸쳐 실시하였으며, 흙 분류에 따라 데이터 범위를 정리하면 표 3과 같다. 여기서 E_{LFWD} 는 소형 충격 재하시험기로 측정된 탄성계수를 말하며, E_{FWD} 는 LTPP 동상방지층 연구단의 동일 지점에서 FWD 현장 탄성계수를 이첩 받아 두 시험 장비의 탄성계수 측정 변화추이를 비교 분석하였다.

표 3. 현장 시험 데이터 정리

	흙 분류	다짐도	E_{LFWD} (Mpa)	K_{30} (MN/m ³)	설계 M_R (Mpa)	E_{FWD} (Mpa)
보조기층	GW	RC > 95%	77~218	-	216.65~571.11	85~212.89
		90%<RC<95%	58~189	276.51~443.68	40.03~468.46	75.33~205.56
		RC<90%	66~205	-	108.26~313.85	90.0~173.22
	GP	RC > 95%	-	-	-	-
		90%<RC<95%	155	312.44	233.88	161.33
		RC<90%	130~158	300.80	119.55~294.59	-
	GW-GP	RC > 95%	89	312.44	227.92	79.22
		90%<RC<95%	97~132	300.80~312.44	210.58~498.64	92.78
		RC<90%	215	300.80	84.98	-
	SW	RC > 95%	77~144	312.44~438.90	235.91~246.96	139.78
		90%<RC<95%	59~170	300.80~343.28	121.65~374.56	104.67~216.33
		RC<90%	60~270	342.26~343.28	168.80~329.63	249.79~280.44
	SP	RC > 95%	148	300.80	330.80	-
		90%<RC<95%	-	-	-	-
		RC<90%	48	342.26	294.12	89.78

현재 보조기층의 다짐관리 기준은 다짐도 95% 이상, 평판재하시험 K_{30} 값은 아스팔트 콘크리트 포장에서 294MN/m³ 이상으로 두 기준 중 하나만 만족하여도 보조기층 다짐관리 기준에 만족한다고 판단하고 있다. 따라서, 현장 다짐도 95%를 만족하지 못하고 있다 하더라도 K_{30} 값이 모든 지점에서 294MN/m³ 이상을 만족

하고 있으므로 보조기층 현장 다짐시공이 대부분 완료된 후 소형 충격 재하시험을 실시하였음을 알 수 있다.

6. 시험 결과 분석

보조기층의 탄성계수를 이용한 역학적 다짐관리 일원화를 위해서는 설계 탄성계수(설계 M_R)와 현장 탄성계수를 비교할 수 있어야 한다. 그러나, 설계 탄성계수는 현장시료를 표준 M_R 시험기로 측정을 하고, 현장 탄성계수는 소형 충격 재하시험 장비를 시공현장 다짐 층에 직접적으로 운용하여 측정하는 것으로, 측정 방식 및 원리에 차이가 있다. 이러한 차이로 인해 설계 탄성계수와 현장 탄성계수 두 상수 값의 직접적인 비교가 불가하며, 두 탄성계수의 비교를 위해서는 시험상태가 고려된 shift factor 혹은 field factor 가 산정되어야 한다. 이를 위해 E_{LFWD} 와 설계 M_R 과의 상관관계를 비교 분석하였다.

보조기층의 탄성계수를 이용한 다짐관리 기준이 마련된다 하여도, 실제 현장에서 시험 장비 구비 문제 및 현장 실무자의 기존 다짐관리 기준과 새로운 다짐관리 기준의 개념적 차이에 대한 이해도 결여로 탄성계수를 이용한 다짐관리 기준을 바로 실행하기란 쉽지 않다. 이러한 문제점을 해소하기 위해 기존 다짐관리 장비를 이용한 현장 탄성계수 측정 방법을 연구하였으며, 이를 위한 기초 연구로 현재 다짐기준인 다짐도 및 K_{30} 과 E_{LFWD} 의 상관관계를 분석하였다.

6.1 E_{LFWD} 와 다짐도 상관관계 분석

현재 보조기층 다짐관리 기준 중 하나의 현장 다짐도와 현장 E_{LFWD} 상관관계를 분석하였다. 현장 다짐도는 보조기층의 강도 및 강성도 기준인 아닌 품질 기준으로서 보조기층 재료의 역학적 특성 반영에는 부적합하다. 그러나, 기초 물성값이 동일하고 함수비가 동일하다면, 다짐도에 따라 E_{LFWD} 는 정비례 관계를 나타낼 것이며, 이는 많은 현장 데이터 분석을 통하여 보조기층 재료에 따른 E_{LFWD} 기준 값을 제시할 수 있을 것이다. 그림 1의 E_{LFWD} 와 다짐도 제안식은 기초 물성값이 일정한 GW 시료를 이용한 실내 토조시험 데이터로 산출된 것으로, 다짐도와 E_{LFWD} 의 정비례 관계를 나타내주고 있다. 그러나, 2009년 현장시험 데이터 결과 동일 다짐도에서 GW로 동일한 시료에서 E_{LFWD} 값이 75~225MPa로 약 3배 이상 탄성계수 값이 차이 날 수 있음을 확인할 수 있으며, 또한 다짐도가 더 높다 하여도 E_{LFWD} 값이 작아지는 역전 현상이 나타날 수 있음을 확인할 수 있었다.

이는 앞서 이야기한 바와 같이, 다짐도는 보조기층 다짐 품질 기준만을 나타낼 뿐, 다짐 재료 고유의 역학적 특성을 나타낼 수 없음을 말하며, 이를 통해 E_{LFWD} 와 다짐도와의 상관관계는 맺어질 수 없음을 확인하였다.

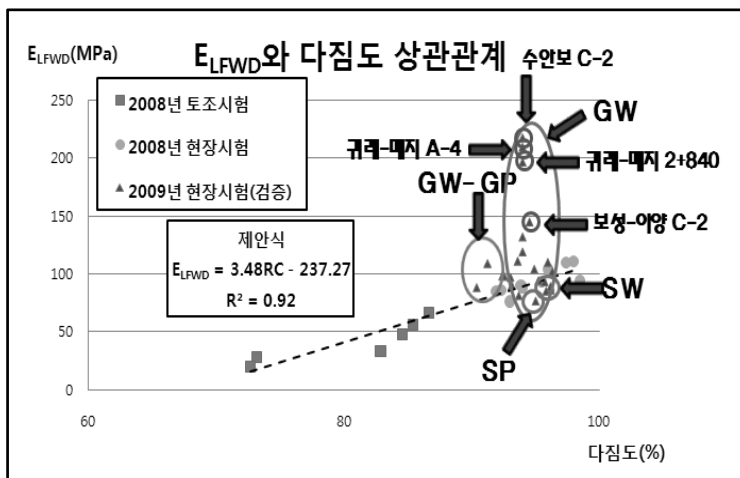


그림 1. E_{LFWD} 와 다짐도 상관관계 분석

6.2 E_{LFWD}와 K₃₀ 상관관계 분석

평판재하시험의 K₃₀은 보조기층에 재하판을 설치하고 연직하중을 단계적으로 가하여 지지력 및 시간과 침하량을 실측하여 분석하는 강성도 개념의 시험법이다. 이는 다짐 재료의 역학적 특성을 이용한 시험법으로 미국 및 독일 등에서 소형 충격 재하시험과 같은 탄성계수 측정 장비와 상관관계 비교 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 미국 및 독일의 평판재하시험법은 연직하중의 재하와 소산의 과정을 반복적으로 실시하는 동적 평판재하시험을 수행하지만, 현재 국내 평판재하시험은 연직하중을 단계적으로만 가하는 정적 평판재하시험을 수행하고 있어, 선진 외국 시험 자료들과 직접적인 비교가 불가능하다.

E_{LFWD}와 K₃₀의 상관관계는 그림 2와 같으며, E_{LFWD}와 K₃₀ 변화 추이는 서로 비슷함을 알 수 있다. 이는 소형 충격 재하시험과 평판재하시험이 반력에 의한 탄성계수 측정 원리가 유사함을 나타낸다. ◆ 모양은 LTPP 연구단으로부터 이첩받은 자료이며, 이 중 K₃₀ 값이 450MN/m³ 이상으로 현장 시험 최소 값 185MN/m³에 2~3배 이상 차이 나는 지점들이 있다. 이는 보조기층 현장의 과다짐 혹은 암벽과 교대 및 지하 구조물에 의한 재하하중 반력이 있음을 의미한다.

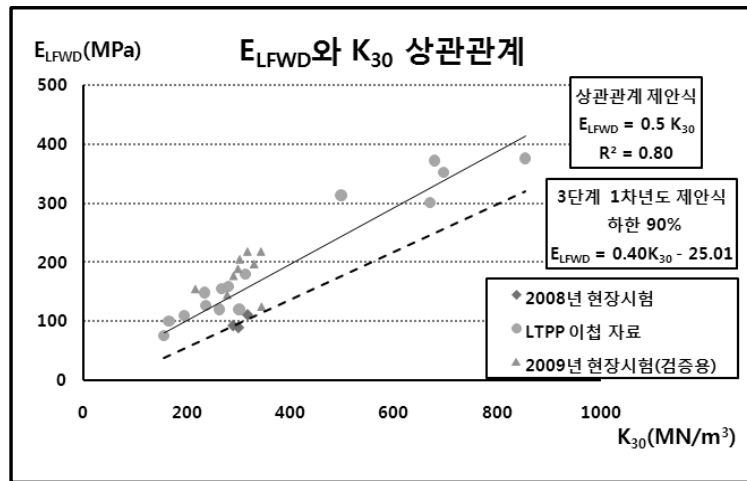


그림 2. E_{LFWD}와 K₃₀ 상관관계 분석

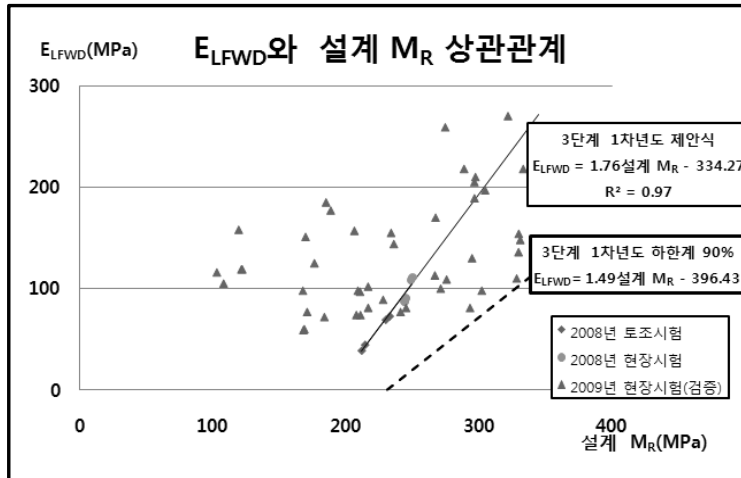
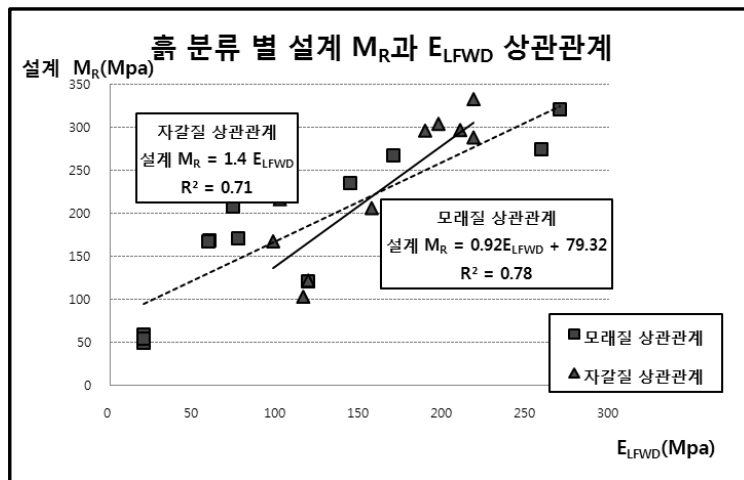
E_{LFWD}와 K₃₀ 간의 상관관계 제안식은 E_{LFWD}=0.5*K₃₀으로 매우 비슷한 경향의 상관관계식을 보였는데 이는 앞서 이야기한 바와 같이, 소형 충격 재하시험과 평판재하시험이 하중에 따른 침하량 측정으로 시험 원리가 비슷하기 때문이다. 여기서 E_{LFWD}의 단위는 Mpa이며 K₃₀의 단위는 MN/m³이다. E_{LFWD}와 K₃₀간의 상관관계 제안식을 보면 계수 값이 작고, K₃₀ 값이 E_{LFWD} 값에 두 배임을 알 수 있다. 이는 E_{LFWD} 값을 기준값으로 정하고, K₃₀ 값을 비교 값으로 정한다면, K₃₀ 값을 통한 E_{LFWD} 값 산출 현장전이함수(shift factor)가 0.5임을 알 수 있다.

6.3 E_{LFWD}와 설계 M_R 상관관계 분석

전체 E_{LFWD}와 설계 M_R 데이터는 그림 3과 같이 그래프의 분포 형태가 동일 E_{LFWD} 범위에서 추정 설계 M_R 범위가 최대 100Mpa로 데이터 분산의 폭이 상당히 크게 나타남을 알 수 있다. 이는 설계 M_R 값이 다짐 재료에 따른 역학적 특성 고유 값으로서 다양한 다짐 재료로부터 기초 물성에 의한 설계 M_R식 상정에 차이가 있기 때문이다. 이와는 달리, 그림 3에서 2008년 데이터는 정비례의 일직선 상태를 보이고, 상관관계 추세선 역시 R²값이 0.97로 높게 나온 이유는 2008년 현장 시험과 실내 토조시험을 GW 계열의 동일한 시료를 가지고 시험한 결과로서 시료의 다양성이 반영되지 못하였기 때문이다.

이에 현장 시험으로 얻은 E_{LFWD}와 추정 설계 M_R의 상관관계를 보다 효과적으로 분석하기 위하여 전체 데이터를 흙의 종류에 따라 차별하였으며, 정확한 차별을 위해 다음과 같은 가정 사항을 두었다. 첫째, 표 3의

보조기층 전체 5종류의 흙을 자갈질과 모래질로 나누어 데이터가 가장 많은 GW와 SW 시험 결과 값으로 상관관계를 분석하였다. 둘째, 표준 실내 M_R 시험은 다짐도 95% 이상의 시료를 이용하여 수행하므로, 현장 데이터 중 상대 다짐도 95% 이상 지점의 데이터만 선별하여 상관관계를 분석하였다. 셋째, 모래질의 경우, 한국형 포장설계법에서 설계 탄성계수가 하한계가 제시되어 있으나 현재 현장시험 데이터 베이스의 불완전으로 실내시험 최소값의 데이터를 고려하여 상관관계를 분석하였다. 위 세가지 가정 사항을 이용하여 데이터를 선별 하였으며, 선별된 데이터를 이용한 GW와 SW의 E_{LFWD} 와 설계 M_R 과의 상관관계는 그림 4와 같다.


 그림 3. E_{LFWD} 와 설계 M_R 상관관계 분석

 그림 4. 흙 분류에 따른 설계 M_R 과 E_{LFWD} 상관관계 분석

보조기층 다짐재료 GW와 SW로 현장 시험 데이터를 분류하여 E_{LFWD} 와 추정 설계 M_R 상관관계를 분석한 결과 다양한 다짐 재료에 따라 기초 물성에 의한 M_R 값의 경향이 있음을 그림 3과 그림 4를 통하여 알 수 있다. 두 그림에 따르면, GW 계열의 흙에서는 상관관계식 설계 $M_R = 1.4 E_{LFWD}$ 로 나왔으며, SW 계열의 흙에서는 상관관계식 설계 $M_R = 0.92 E_{LFWD} + 79.32$ 로 나왔다. 두 상관관계식을 통해 자갈질이 모래질에 비해 동일한 설계 M_R 값이어도 현장에서 측정 된 E_{LFWD} 값이 더 크고, 설계 M_R 값의 변화폭이 또한 더 큼을 알

수 있다. 이는 자갈질 시료와 모래질 시료를 이용한 표준 M_R 시험의 경향과도 동일하다. 또한, 60개의 현장 시험 데이터 중 다짐도 95% 만조하는 데이터가 20개에 지나지 않는다는 사실은 현재 보조기층의 다짐관리가 주로 현장 밀도 시험 대신 평판재하시험으로 이루어짐을 알 수 있다.

6.4 K_{30} 과 설계 M_R 상관관계 분석

탄성계수개념을 도입한 보조기층의 다짐관리는 설계 M_R 값이 기준이 되어 현장시험을 통한 데이터를 상관관계식에 적용한 후 그 값이 설계 M_R 값보다 크게 나오는지 여부를 확인하는 방식이다. 이에 본 연구에서는 설계 M_R 값을 인공신경망 방식으로 추출하였으며, 보조기층 다짐현장에서 직접 탄성계수를 산출할 수 있는 소형 충격 재하시험기 장비를 제안하고 설계 M_R 값과 E_{LFWD} 간의 상관관계식을 제시하였다. 그러나 현장에서 새로운 다짐관리 장비가 빠르게 보급되지 않을 것에 대비하여 현장 실무자들을 위해 기존 다짐관리 시험법인 평판재하시험을 통한 탄성계수 상관관계식을 제안하였다.

평판재하시험은 현장시험 한 구간 당 1번 실시하였으며, 5 구간에서 총 8개의 K_{30} 값을 얻었다. 설계 M_R 값은 평판재하시험을 실시한 지점의 시료를 채취하여 기초물성을 측정하고, 이를 인공신경망 공식에 대입하여 산출하였다. 데이터 분포는 그림 5와 같다.

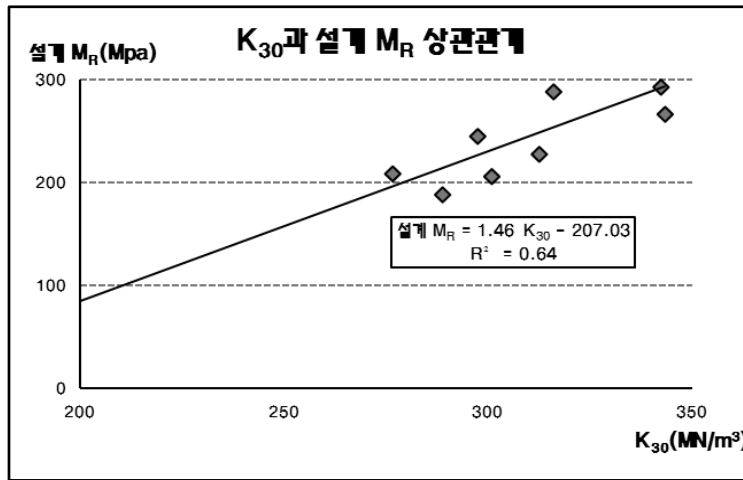


그림 5. K_{30} 과 설계 M_R 상관관계 분석

현재 K_{30} 값 기준은 아스팔트 콘크리트 포장의 경우 294.2MN/m^3 이며, 시멘트 콘크리트 포장의 경우 196.1MN/m^3 이다. 이를 위의 식 설계 $M_R = 1.46 K_{30} - 207.03$ 에 대입하면 아스팔트 콘크리트 포장의 경우 설계 M_R 값은 222.5Mpa 이상 나와야 하며, 시멘트 콘크리트 포장의 경우 설계 M_R 값은 79.28Mpa 이상 나와야 한다. 인공신경망에 의한 추정 설계 M_R 값 기준은 180Mpa 이상이므로 아스팔트 콘크리트 포장 구간에 위 상관관계식을 적용한다면 안전측 설계가 이루어 질 수 있으나, 시멘트 콘크리트 포장의 경우 안전율에 미달하는 설계가 이루어 질 것이다. 그러나, 현재 평판재하시험 기준 값인 K_{30} 값은 역학적 해석이나, 보조기층 재료의 역학적 특성을 반영하지 못한 경험적 기준에 따른 제안 값일 뿐이다. 따라서, 현재 K_{30} 기준을 본 연구에서 제안하는 탄성계수의 역학적 기준 척도로 삼을 수 없으며, 평판재하시험을 이용한 역학적 다짐관리를 하고자 한다면 다음과 같이 제안하는 바이다.

첫째, 식 2.6의 설계 M_R 과 K_{30} 간의 상관관계식을 통해 설계 M_R 로부터 현장 기준 설계 K_{30} 값을 산정한다. 둘째, 보조기층 다짐을 실시한 후 다짐도 95% 이상과 최적함수비 $\pm 2\%$ 만족 여부를 확인한다. 셋째, 평판재하시험을 실시하여 현장 측정 K_{30} 값을 구한다. 넷째, 현장 측정 M_R 값이 식 2.6으로부터 계산된 현장 기준 설계 K_{30} 값보다 큰 경우 보조기층 다짐관리가 완료 된 것으로 판단한다.

7. 결 론

본 연구는 현재 경험적 물성치로 평가하고 있는 보조기층 다짐관리 방법을 설계 입력 변수인 회복탄성계수를 이용한 다짐 관리방법으로 전환하는 기초 연구 단계이다. 다짐 재료에 따른 역학적 특성인 설계 M_R 값을 현장에서 직접 측정하기란 불가능하며, 이를 현장 탄성계수 측정 장비인 소형 충격 재하시험기와 상관관계를 통해 다짐관리에 필요한 field factor를 제안하고자 하였다. 국내 9지역의 보조기층 현장 시험으로부터 보조기층 다짐 시공 현장 E_{LFWD} 값과 한국형 도로포장 설계법 인공신경망 공식으로부터 설계 M_R 값 간의 상관관계를 분석하였으며, 현장에서의 E_{LFWD} 값으로부터 보조기층 다짐 재료에 따라 설계 M_R 값을 추정할 수 있는 현장전이함수 (shift factor)를 얻을 수 있었다. 그와 더불어 현재 다짐관리 기준인 다짐도 및 K_{30} 값과 E_{LFWD} 값의 상관관계 또한 분석하였다. 이 분석자료를 통하여 E_{LFWD} 와 다짐도는 보조기층 재료의 역학적 특성을 나타낼 수 없는 다짐도 특성상 상관관계를 맺을 수 없음을 알았으며, E_{LFWD} 와 K_{30} 값과의 상관관계는 두 시험의 원리가 비슷하여 매우 높은 상관관계가 이루어짐을 알았다, 또한 설계 M_R 과 K_{30} 값 간의 상관관계를 분석하여, 평판재하시험을 통한 역학적 다짐관리 방법을 제안하였으며, 이를 통해 평판재하시험을 이용하여 보조기층 다짐관리가 이루어 질 수 있는 가능성을 제안하였다. 이는 다짐시공 현장에서 기존 다짐관리 기준인 평판재하시험에 익숙한 실무자들에게 새로운 시험법에 대한 충격을 완화해줄 수 있을 것이며, 새로운 시험장비에 대한 적응과 사용이 활발할 때까지의 기술공백을 줄여줄 것이다. 본 연구의 시험 결과 E_{LFWD} 는 K_{30} 값과 신뢰할 수 있는 상관관계를 보였으며, 현장 밀도 시험은 설계 탄성계수 추정보다는 보조기층 다짐 품질 기준에 대한 기준으로서 필요함을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부의 국책연구과제인 “한국형 포장설계법 개발과 포장성능 개선방안 연구”의 일부 결과로 이에 감사를 드립니다.

참고 문헌

1. 국토해양부, 도로공사 표준 시방서, 2009
2. 박현일 외 2명, 인공신경망 모델에 근거한 노상도 및 보조기층 재료의 탄성계수 추정, 대한토목학회 논문집, 2005
3. 최준성 외 2명, 국내 도로포장 하부구조 재료의 특성, 한국도로학회지 제 9권 1호, 2007
4. 한국형 도로포장설계법 개발과 포장성능 개선 방안 연구, C 도로포장 하부구조 다짐관리 지침개발 연구, 2008
5. Ravindra Gudishala, 2004, “Development of Resilient Modulus Prediction Models for Base and Subgrade Pavement Layers from In Situ Devices Test Results”, Louisiana State University.
6. Light Falling Weigh Deflectometer manual, Dynatest, 2007