

철도궤도 흙노반 현장 다짐도 품질관리 개선을 위한 동평판재하시험(E_{vd})의 효율성 및 경제성 분석

Analysis of Efficiency and Economic Feasibility of Using Light Weight Deflectometer Test (E_{vd}) for Improvement of Compaction Quality Control of the Trackbed Soil

박재범*[†], 최찬용**, 최유복***, 지상현*, 임유진*

Jaebeom Park*[†], ChanYong Choi**, Yubok Choi**, SangHyun Ji*, Yujin Lim*

Abstract RPBT (E_{v2}) has been used mostly in railway construction site according to QC requirement. However, it takes a lot of time to perform RPBT test, and also it needs heavy truck to get reaction force for loading plate. The stress condition of compacted soil underneath the loading plate of RPBT is not clearly understood yet. Thus, for replacing the RPBT purpose, LWDT is proposed for standard DOC control of compacted subgrade soil in the field. A new QC guideline for using LWDT is going to be provided after analyzing efficiency and economic feasibility analysis of using LWDT in this study.

Keywords: Trackbed, Quality control, Repeated Plate Bearing Test, Light Weight Deflectometer Test

초 록 현재 사용되고 있는 상/하부노반의 현장 품질관리 규정은 일반/고속철도 구분 없이 반복평판재하시험(E_{v2}), 현장다짐시험(DOC) 및 두께측정 등으로 구성되어 있으나, 반복평판재하시험의 경우 중량차량의 반입이 반드시 필요하고, 시험시간이 상당히 오래 걸리며, 노반층 재료가 경험하는 응력조건, 함수비 영향 및 재료의 역학적 특성 등을 제대로 반영하지 못하는 단점이 있다. 따라서 보다 효율적이고 신뢰도가 높은 흙노반 다짐도 품질관리 시험법으로서 동평판재하시험(E_{vd})을 대체 시험법으로 제안하고자 하며, 이를 검증하기 위하여 소요시간 및 소요비용과 역학적 결과값 등의 시험 값에 대한 상호비교, 분석을 통하여 충분한 신뢰도와 경제성이 있음을 확인하였다.

주요어 : 상부노반, 품질관리, 반복평판재하시험, 동평판재하시험

1. 서론

현재 국내 철도설계기준(철도설계기준 노반편(2013), 철도설계지침 및 편람(2015))에 따르면 고속철도 및 일반철도의 상/하부노반의 다짐도 품질기준이 Table. 1과 같이 통일되었으며, 반복평판재하시험(RPBT)에 의한 변형계수(E_{v1} , E_{v2})와 현장 들밀도시험에 의한 최대건조단위중량($\gamma_{d,max}$) 측정 값이 일정 기준치 이상이 확보되도록 요구하고 있다.

[†] 교신저자 : 배재대학교 공과대학 건설환경철도공학과 (passion@pcu.ac.kr)

* 배재대학교 건설환경철도공학과

** 한국철도기술연구원, *** 한국철도시설공단

Table. 1 Compaction quality standard of upper/lower trackbed

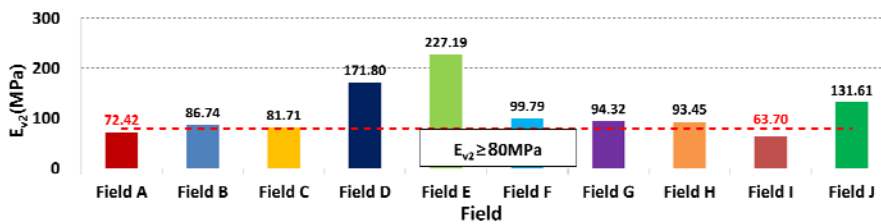
Division		Gravel and Concrete track	
Test item	Test method	Upper trackbed	Lower trackbed
RPBT	DIN 18 134	$E_{v2} \geq 80 \text{MN/m}^2$ $E_{v2}/E_{v1} < 2.3$	$E_{v2} \geq 60 \text{MN/m}^2$ $E_{v2}/E_{v1} < 2.7$
Compaction test	KS F 2312 D	Maximum dry density 95%	Maximum dry density 90%

또한 상/하부노반의 현장 품질관리 항목은 일반철도, 고속철도 구분 없이 반복평판재하시험 (DIN 18 134), 현장밀도시험(KS F 2311), 다짐시험(KS F 2312의 D방법) 및 두께측정으로 구성되어 있다. 그러나, 반복평판재하시험(E_{v2})의 경우 현장에서 재하를 위한 중량차량의 반입이 필요하고 시험시간 또한 상대적으로 오래 걸리며, 노반층 재료가 경험하는 응력조건과 함수영향 및 재료특성 등을 고려하지 못한다. 본 연구에서는 동평판재하시험(E_{vd})을 대체 시험법으로 제안하고자 하며, 이를 검증하기 위하여 소요시간, 소요비용과 현장시험 결과 값에 대한 상호 비교, 분석을 실시하였다.

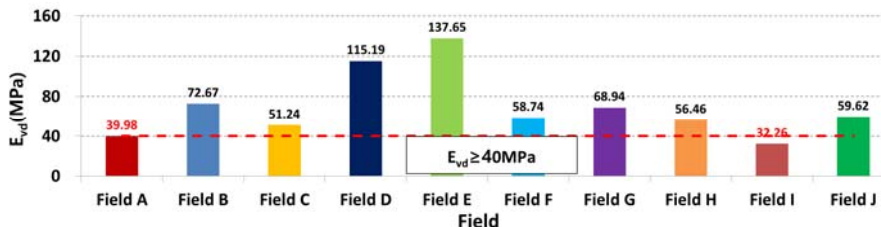
2. 본 론

2.1 현행 노반 다짐도 품질관리 시험의 신뢰도 분석

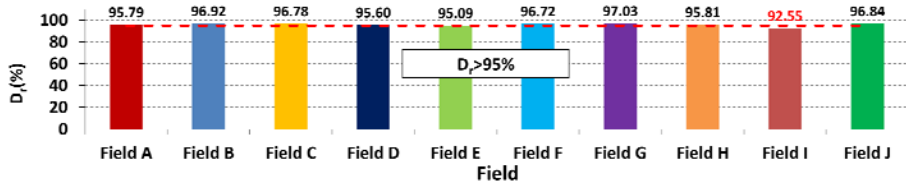
Fig. 1은 국내 철도레도 신설현장 10개 공구에서 실시한 반복평판재하시험(E_{v2}), 동평판재하시험(E_{vd}) 및 들밀도시험의 결과데이터를 비교한 것이다. 반복평판재하시험 결과(E_{v2})와 동평판재하시험 결과(E_{vd})는 매우 일치하는 경향을 보인다. 그러나 들밀도시험의 경우 변형계수(E_{v2} , E_{vd})가 기준 값에 미치지 못하는 공구(Field A)에서도 다짐도 기준 값 이상(95% 다짐도 이상)으로 나오는 잘못된 결과를 보여주는 경우가 다수 발생하였다. 이는 변형계수 기반 새로운 시험항목 제정이 필요하다는 의미를 내포하고 있다.



(a) RPBT result



(b) LWDT result



(c) Field density test

Fig. 1 Trackedbed test results

2.2 노반 다짐도 품질관리 시험에 대한 소요비용 및 소요시간 비교

다음 Table. 3은 기존 노반 다짐도 품질관리 항목(동평판재하시험, 들밀도시험)과 새롭게 제시할 시험항목(동평판재하시험)의 총 소요시간 및 총 소요비용을 연장 1.0km, 다짐두께 3.0m 기준으로 비교한 것이다. 비교결과 동평판재하시험의 경제성이 매우 뛰어난 것을 확인할 수 있었다.

Table. 3 Compaction quality control test items time required cost comparison table

Test item		Length=1.0km, thickness=3.0m				
		1cycle Cost(won)	Frequency(No.)	Total cost(won)	1cycle Time(h)	Total time(h)
Existing test item	RPBT	1,009,798	80	80,783,840	3	240
	Field density test	643,331	200	128,666,200	0.5	100
Present test item	LWDT	205,928	80	16,474,216	0.05	4

2.3 노반 다짐도 품질관리 항목 및 시험빈도 개선(안)

국내 철도노반 신설구간 시공현장 10개 공구의 상부노반에서 실시한 반복평판재하시험과 동평판재하시험 결과를 이용하여 Fig. 2 및 식 (1)과 같이 상관성을 분석하였다.

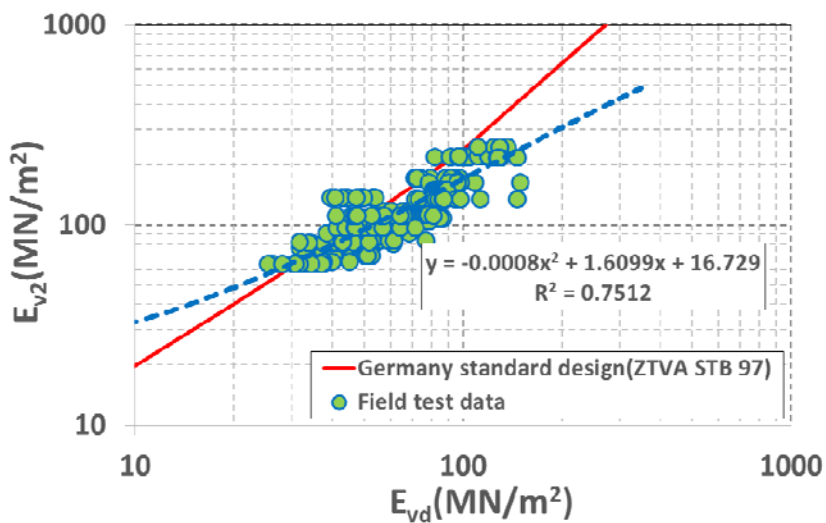


Fig. 2 Correlation analysis between E_{v2} - E_{vd}

$$E_{v2} = -0.0008E_{vd}^2 + 1.6099E_{vd} + 16.729 \quad (R^2=0.75) \quad (1)$$

상관성 분석을 통해 얻은 관계식을 이용하여, Table. 4와 같이 상부노반 다짐도 품질기준으로 제시할 예정이다.

Table. 4 Provision of quality control items to trackbed compaction

Division		DOC	RPBT	LWDT
		%	Ev2(MPa)	Evd(MPa)
Soil A	General	≥ 100 ≥ 95	≥ 100 ≥ 80	≥ 50 ≥ 40
	Stabilizing	-		
Soil B	General	≥ 95	≥ 70	≥ 35
	Stabilizing	≥ 100	≥ 100	≥ 50
Soil C	General	≥ 95	≥ 60	≥ 30
	Stabilizing	≥ 100	≥ 100	≥ 50

3. 결 론

본 연구에서는 보다 효율적이고 신뢰도가 높은 흙노반 다짐도 품질관리 시험법으로서 동평판재하시험(E_{vd})을 대체 시험법으로 제안하기 위한 사전 타당성 검토를 위하여, 소요시간/비용과 현장시험 결과 값에 대한 상호 비교, 분석을 실시하였다.

- (1) 기존 노반 다짐도 품질관리 항목(동평판재하시험, 들밀도시험)과 새롭게 제시할 시험항목(동평판재하시험)의 총 소요시간 및 총 소요비용을 비교한 결과 동평판재하시험의 경제성이 매우 뛰어난 것을 확인할 수 있었다.
- (2) 반복평판재하시험과 동평판재하시험 결과를 이용하여 관계식을 얻었고 이를 통해 상부노반 다짐도 품질기준으로 제시할 예정이다.

후 기

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비지원(17RTRP-B067919-05)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Korea Rail Network Authority(2015) Design Guidelines and a manual for Railroad, Korea Rail Network Authority.