

선회다짐기를 이용한 흙의 다짐시 기술적 문제 분석

Analysis of Technical Problem for Soil Compaction by Gyrotory Compactor

이관호* · 장태영** · 임유진***

Lee, Kwan Ho · Jang, Tae Young · Lim, Yu Jin

1. 서론

현재 노상토의 특성평가를 위한 실내실험은 주로 ‘충격다짐방법’을 적용한 Proctor다짐(A다짐 또는 D다짐)이 이용되고 있다. 그러나, 현장의 경우 로울러를 이용한 압착형태의 다짐방법이 이용된다. 이러한 실내다짐방법과 현장다짐방법의 차이는 결국 실내실험으로부터 결정된 노상토의 물성치 적용시 상당한 오차를 포함함을 의미한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 선회다짐기를 이용한 흙의 다짐평가를 시행하였다. 선회다짐기는 교통하중에 의해 발생하는 아스팔트 혼합물의 현장 밀도를 실내에서 재현하기 위해 제작된 것으로 현장에서 얻어지는 골재입자의 배열과 유사하게 다진다는 장점이 있다. 하지만, 선회다짐기는 초기 아스팔트 시편 제작을 위해 설계되었기 때문에 흙의 다짐도 평가에는 몇 가지 문제점을 가지고 있다. 본 연구의 목적은 선회다짐기를 이용하여 흙의 다짐시험을 할 때 발생하는 문제점을 파악하고, 그 해결방안을 제시하는데 있다. 이를 위하여 다짐압력, 다짐횟수, 다짐속도에 따른 다짐 전·후의 함수비 및 무게 차이를 비교하고, 다짐 후 함수비변화가 일어나지 않는 최대함수비를 찾고, 다짐곡선 작도에 미치는 영향을 알아보았다.

2. 선회다짐기 소개

기존의 충격다짐과는 다른 로울러 다짐방법을 모사한 최초의 선회다짐기가 1939년 미국 텍사스주 교통국에서 개발되었다. 텍사스주 교통국에서 개발된 선회다짐기는 많은 연구기관에서 여러 차례 개량되었고, 현재와 유사한 형태의 모델이 미 육군 공병단에 의해 개발되었다.(Ortolani & Sandberh 1952). 개발된 장비는 1957년 AAPT(Association of Asphalt Paving Technologist) 학술발표회에서 소개되었다. 선회다짐기는 수직압력과 회전각, 그리고 현장 다짐장비와 장래의 교통량을 재현하기 위한 회전수를 조절 할 수 있는 장비이다. 본 연구에서 이용된 선회다짐기는 SHRP의 Superpave 다짐기준을 만족하는 장비로서, 국내에 도입되어 사용되고 있는 선회다짐기의 종류로 Servopac 선회다짐기를 이용하였다.

2.1 선회다짐기의 구조 및 원리

선회다짐기의 다짐횟수, 다짐압력, 다짐각도 등 초기 다짐조건은 실험조정판넬 또는 별도로 연결된 컴퓨터를 이용해 제어된다. 다짐이 진행 되는 동안 컴퓨터 제어프로그램을 통해 시편의 높이, 다짐횟수, 다짐밀도 등을 실시간으로 확인 할 수 있다. 그림.1 은 선회다짐기의 구성요소를 나타내고 있다. 그림.2 와 같이 몰드 안의 시료에 압축력과 다짐몰드의 회전에 의해 발생하는 전단력을 작용시켜 다짐을 수행한다.

* 정회원 · 공주대학교 건설환경공학부 교수 · 공학박사(E-mail: kholle@kongju.ac.kr)

** 공주대학교 건설환경공학부 석사과정(E-mail: jty6311@kongju.ac.kr)

*** 배재대학교 토목환경공학과 교수 · 공학박사

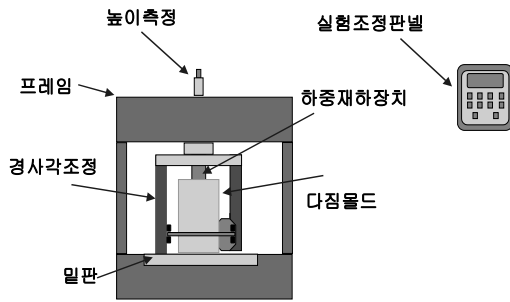


그림1. 선회다짐기의 구성 요소

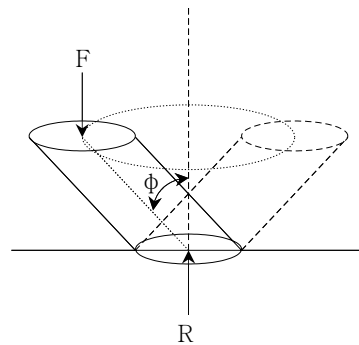


그림2. 선회다짐기의 다짐 원리

2.2 선회다짐기의 기술적 문제

초기 선회다짐기는 아스팔트 시편제작을 위해 설계되었다. 그로인해 흙 다짐시 몇 가지 문제점이 발생하였다. 그림.3 은 선회다짐기를 이용한 흙의 다짐곡선을 표현한 그래프이다. 그래프에서 보듯 높은 함수량의 흙은 영공기간극곡선을 침범하는 현상이 일어났다. 이는 다짐이 진행 되는 중 몰드의 상·하부의 틈으로 물이 유출되어 이러한 현상이 생기는 것으로 판단된다. 그림 5. 는 다짐실험후 선회다짐기 내부에 물이 유출되어 있는 사진이다.

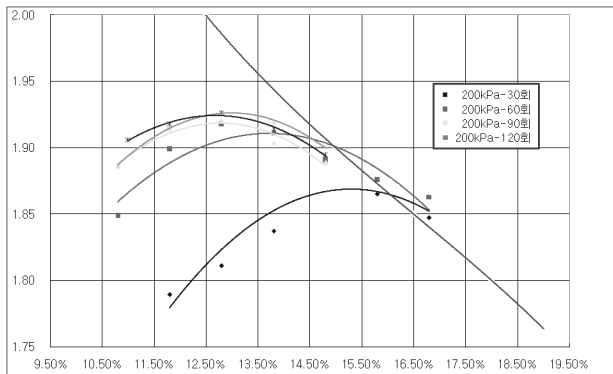


그림3. 선회다짐기를 이용한 다짐곡선

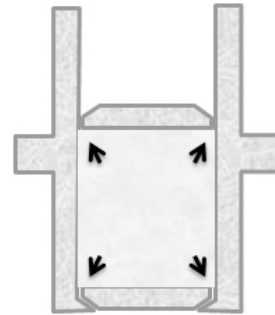


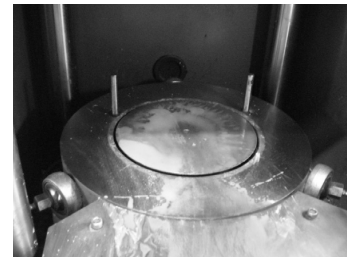
그림4. 몰드 내부에서의 물 유출



(a) 몰드 내부



(b) 추출후 시편 상부



(c) 선회다짐기 내부

그림 5. 다짐후 선회다짐기의 물의 유출

3. 선회다짐기를 이용한 다짐시험

시험에 필요한 흙은 현재 도로공사가 진행중인 천안(제4지방산업단지 진입도로 확장공사), 충주(도로 확장공사), 평택(서수원~평택 고속도로 건설공사 제 5공구) 3곳의 노상토를 채취하여 시험하였다. 선회다짐기의 다짐조건은 다짐각 1.25°, 다짐압력 600kPa, 다짐횟수 300회, 다짐속도 30 Gy/min 으로 충분한 다짐에너지로 다짐 하였다.(Michael John Browne, 2006) 그리고, 다짐 전 함수비와 다짐 후 함수비를 비교하였다.

3.1 흙의 기본 물성

흙의 분류를 KS F 2324의 통일분류법을 이용하였고, 노상토의 입도분포곡선은 그림 6. 에 나타내었다. 액성한계 및 소성한계는 KS F 2303 & 2304 규정에 따라 수행하였고, 그 결과값은 표 1. 에 나타내었다.

표 1. 노상토의 기본물성 시험결과

시험구분	분석항목	천안	충주	평택
액소성 시험	액성한계	-	-	28%
	소성한계	-	-	23%
	소성지수	N.P	N.P	5%
입도분석	D_{10}	0.208	0.17	0.21
	D_{30}	0.476	0.5	0.39
	D_{60}	1.07	1.34	0.66
	균등계수, C_u	5.14	7.88	3.14
	곡률계수, C_g	1.02	1.1	1.10

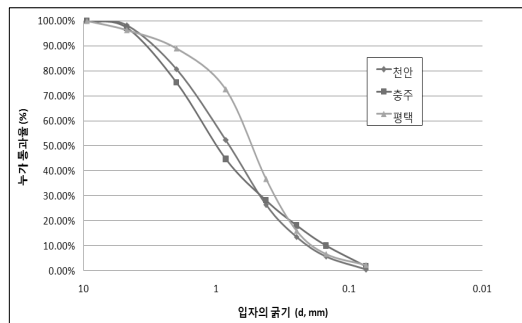


그림 6. 흙의 입도분포곡선

3.2 다짐 곡선

다짐곡선을 그리기 위해 각각 다른 함수비의 흙을 준비한후 선회다짐을 시행하였다. 일정 함수비 이상의 다짐에서는 물의 유출이 발생하기 때문에 다짐 전 함수비의 다짐곡선과 다짐후의 다짐곡선을 비교하였다. 그 결과는 그림 7. 과 같이 나타났다. 점착력이 높은 점토질의 평택 노상토 에서는 비교적 양호한 곡선이 나타났고, 점착력이 없는 모래질의 비소성 노상토 에서는 다짐후 흙의 수분을 유지하지 못하고 일정량 유출되는 것으로 나타났다.

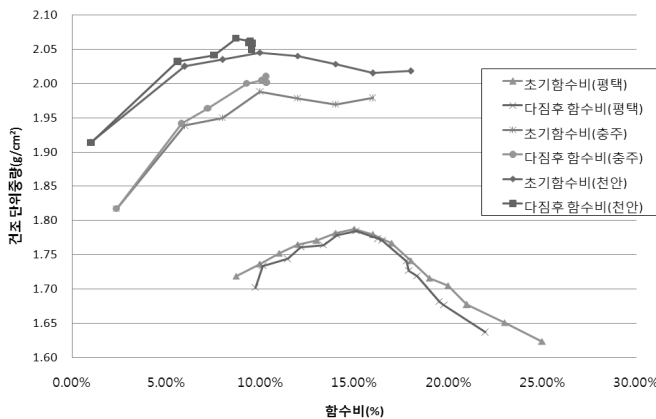


그림 7. 선회다짐기의 다짐곡선

3.3 다짐 전·후의 함수비 변화

물의 유출량을 측정하기 위해 다짐전 함수비와 다짐후 함수비를 비교하였다. 초기 함수비를 기준으로 각 흙의 함수비를 비교하였다. 평택의 흙은 약 16% 이후에 물이 유출되었고, 천안, 평택의 모래질 흙은 약 6%~7%에서 물의 유출이 발생하였고, 일정 함수비가 되면 더 이상 함수량을 유지하지 못하는 것으로 나타났다. 그 결과는 그림 8.에 나타내었다.

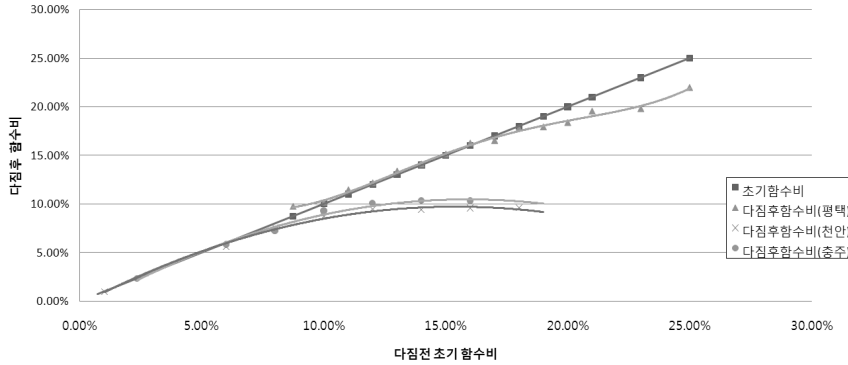


그림 8. 다짐 전·후의 함수비 비교

4. 결론

본 연구는 선화다짐기를 이용한 다짐시험시 발생하는 기술적인 문제점을 파악하고, 그 해결방안을 모색하는데 있다. 본 시험의 결과는 다음과 같이 요약 할 수 있다.

- (1) 선화다짐기를 이용한 흙의 다짐시험시 높은 함수비의 다짐시험에서는 수분의 유출이 발생하여 시험결과에 영향을 미쳤다.
- (2) 선화다짐기를 이용한 다짐시험의 다짐곡선은 점착력이 높은 점토질흙에서는 비교적 양호한 곡선이 나타났지만, 모래질 흙에서는 최적함수비 이상의 함수량을 포함하지 못하였다.
- (3) 다짐후 함수량은 점토질흙에서 16%, 모래질 흙에서 6~7%의 함수비에서부터 물의 유출 현상이 일어났고, 모래질 시료의 경우 11% 이상의 함수량은 포함하지 못하였다.

감사의 글

본 논문은 스마트하이웨이사업단 “도로구조의 내구성 향상 방안” 과제의 지원을 받아 연구하게 되었고, 이에 감사 드립니다.

참고 문헌

1. 송용선 등(1996) “지반공학 시험법 및 응용”, 세진사
2. 이관호 등(2009) “선화다짐곡선 특성을 이용한 노상토의 다짐도 평가”, 한국 방재학회 논문집, 도로교통방재, 제9권, 제 1호, pp.33-40
3. 차민경(2005) “선화다짐기를 이용한 국내 노상토의 다짐특성 평가 연구”, 석사학위논문, 경성대학교
4. M,J Browne (2006), “Feasibility of using a gyratory compactor to determine compaction characteristics of soil”, Master of Science, Montana State University
5. M,J Browne at al. (2008) “Laboratory Testing of soil Using the Superpave Gyratory Compactor”, TRB2008, pp.1-14