

# 農用車輪의 性能評價를 위한 人工土槽시스템의 製作 및 資料蒐集 시스템의 構成<sup>+</sup> Construction of the Soil Bin System and Associated Micro computer-Based Data Acquisition System for the Evaluation of Wheel Performance

李 揆 昇\*, 鄭 昌 柱\*\*, 李 鎔 國\*, 朴 勝 濟\*

K. S. Lee, C. J. Chung, Y. K. Lee, S. J. Park

## Summary

This study was conducted to construct the soil bin system and associated microcomputer-based data acquisition system which is to be used for the effective evaluation of wheel performance. The soil bin system consists of four main parts; soil bin, carriage drive system, test carriage and soil processing carriage.

The test carriage was constructed to measure the five performance parameters of testing wheels; pulling force, motion resistance, sinkage and rotational speed of test wheel, and speed of test carriage. The test wheel is powered by a hydraulic system up to 8 ps.

Soil processing carriage was designed to provide uniform test soil conditions across the soil bin, and reproduction of soil conditions found satisfiable.

The data acquisition system consists of APPLE II PLUS microcomputer, strain amplifier, I/O interface, A/D converter, digital counter and various transducers. It takes about 0.86 seconds to measure a set of performance parameters and store on the floppy disk simultaneously.

Series of experiment showed that this system can be used effectively for evaluating the wheel performance associated with soil.

## 1. 緒 論

견인장치와 토양과의 상호작용을 정확히 이해하고 견인장치의 성능을 향상시키기 위하여는, 측정장치로부터 정확하고 신뢰성 있는 데이터를 얻을 필요성이 있다. 그러나 일반포장에서 실험은 토양상태의 불균일과 조절 불가능, 동일상태하에서 동일실험의 재현 불가능, 날씨등에 의한 실험시기의 제한 및 기타 실험외적인 요인에 의해 많은 영향을 받음으로써 신뢰성 있는 데이터를 얻기가 어렵다. 따라서 포장실험의 문제점을 보완하여 신뢰성 있는 데이

타를 수집할 수 있는 인공토조시스템의 사용과 이 인공토조시스템에서 농용차륜의 성능을 정확히 측정할 수 있는 측정장치의 개발 및 측정장치로부터의 자료를 신속하고 조직적으로 수집할 수 있는 데이터 수집시스템이 필요하다. 이미 미국 일본등 선진국에서는 견인장치뿐 아니라, 작업기등에 대해서도 인공토조에서의 실험이 많이 수행되어 왔고, 현재도 수행되고 있다. 그러나 80년대 이전의 구미각국의 인공토조에서 많이 이용되고 있는 자료수집 및 처리시스템은 아날로그 신호를 오실로 그래프 또는 마그네틱 테이프 레코더에 기록하여 분석하는 시스템

\*本 研究는 韓國科學財團의 1987年度 研究費 지원에 의해 수행되었음

\*成均館大學校 農業機械工學科

\*\*서울大學校 農工學科

이 대부분이었다.

이러한 방법은 측정상의 번거로움과, 측정자료의 재생(reproduction)과 분석에 막대한 시간과 노력이 소요되는 결점이 있었으나, 최근에는 반도체 산업의 발달과 더불어 마이크로 컴퓨터를 이용하여 디지털 방법에 의한 자료수집 및 분석 시스템을 개발하여 인공토조에서의 데이터 수집에 이용하고 있는 실정이다. 그러나 국내에서는 인공토조 설치 비용의 고가등 여러 이유로 인공토조를 이용한 차륜의 연구가 미흡한 실정이다.

따라서 국내의 농용차량에 많이 이용되고 있는 타이어, 철차륜, 견인보조장치등 견인장치의 성능 향상을 위해서 인공토조에서 이들의 성능을 정확히 측정하고 분석할 수 있는 자료수집 및 처리시스템의 개발이 시급한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 국내에서 많이 이용되고 있는 견인장치 즉 동력경운기 타이어, 트랙터 타이어, 철차륜 등의 성능평가에 필요한 자료를 정확하고 효율적으로 측정할 수 있는 인공토조 시스템의 제작과 마이크로 컴퓨터를 이용한 인공토조용 자료수집 시스템의 구성에 있다.

## 2. 人工土槽 시스템의 製作

본 인공토조 시스템은 측정대차의 일부만 교체하면 농용차륜을 비롯하여 대부분의 농용작업기를 실험할 수 있도록 기본구조를 설계 제작하였다. 그러나 우선은 차륜실험에 적합하도록 제작하였으며, 자료수집시스템도 차륜 실험을 중심으로 구성되었다.

인공토조 시스템은 다음과 같이 5개의 주요부로 구성되었다.

### 2-1. 토조 및 레일시스템

토조는 길이 12m, 폭 1m, 높이 0.7m, 벽두께 0.2m의 철근콘크리트 구조물로서 필요에 따라 토양의 수분함량을 조절할 수 있도록 배수시설이 되어 있다.

토조 상부에는 실험 대차의 이동을 위하여 150×75×5.5×9.5mm의 I-형강 레일이 설치되어 있으며, 이 레일은 80cm 간격으로 콘크리트에 삽입된 볼트에 의해 토조에 고정되었다. 또한 실험대차가 레일 위를 주행할 때 발생하는 진동 및 충격을 최대한

으로 줄이기 위해 두께 0.5cm의 평벨트를 레일과 콘크리트 토조사이에 설치하였으며, 측정대차 및 토양가공대차가 작업을 수행하지 않을시 두 대차중 한대를 주차시킬 수 있도록 철골구조물로써 토조와 같은 높이고 폭으로 토조 양옆으로 6m를 연장하여 레일의 총 길이는 18m이다.

### 2-2. 대차 구동 시스템

대차를 구동시키는 장치로서는 원치구동시스템을 이용하였다. 원치구동시스템은 10PS 교류전동기, 케이블, 직경 30cm 길이 40cm의 원치드럼, 동력경운기용 변속장치, 두개의 대차와 연결되는 히치로 구성되어 있다.

대차의 전진속도는 0.1~1.5m/s 범위내에서 변속장치의 변속과 플리의 교환으로 다양하게 선택할 수 있게끔 제작되었다. 케이블은 직경 0.8cm의 철선이며 파괴강도는 2ton이다. 이 케이블은 한선으로서 원치드럼에 세바퀴씩 반대방향으로 이중으로 감기어 있어 슬립이 방지되도록 하였다. 또한 사고혹은 장애물등에 의해 케이블에 과부하가 걸렸을 경우에는 마그네트 스위치에 의해 안전장치가 작동되어 전원이 끊어지게 되어 있다. 그림 1은 원치를 포함한 대차 구동시스템의 일부를 보여주고 있다.

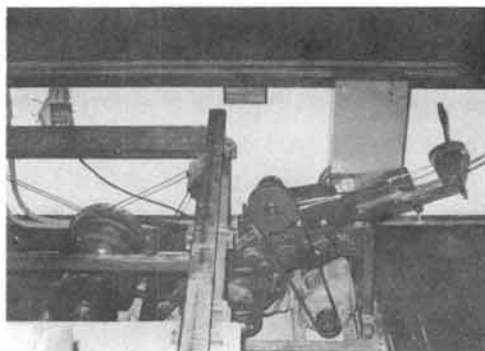


Fig. 1. View of carriage drive system.

### 2-3. 측정대차

측정대차는 베이스 프레임, 측정 프레임, 차륜 프레임의 3개 주요부분으로 구성되어 있다(그림 2).

베이스 프레임은 레일위에 지지되어 있으며 케이블에 의해 전후로 이동하는 프레임이다. 이 프레임은 주로 125×50×3.2mm의 직사각관강으로 제작되

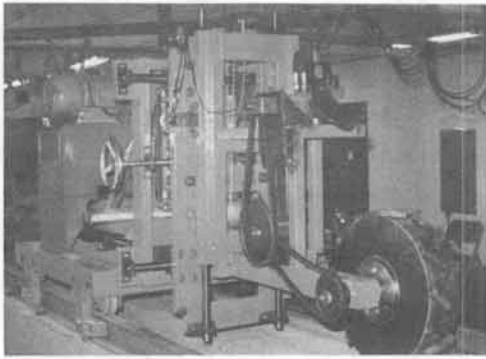


Fig. 2. View of test carriage.

있으며, 모두 12개의 철재바퀴가 이 프레임에 지지하고 있다. 직경 15cm의 4개 바퀴는 레일위에서 측정대차를 지지하고 있으며, 직경 8cm의 네개 바퀴는 토양과 실험차륜의 상호작용에 의한 측정대차의 상하운동을 억제하는 바퀴이며, 또 다른 직경 8cm의 네개 바퀴는 측정대차의 좌우이동을 억제하게끔 측정대차에 부착되어 있다. 이 철재 바퀴들은 이동시 소음과 진동을 줄이기 위해 단단한 고무로 코팅되어 있다. 이 베이스 프레임 위에는 실험차륜의 구동을 위한 유압시스템이 장착되어 있다.

베이스 프레임의 상부에는 직경 4cm, 길이 150cm의 열처리된 연마봉이 지지되어 있으며 이 연마봉 위에는 두개의 직선운동베어링이 자유로이 운동을 하며, 이 직선운동 베어링을 통해 베이스 프레임은 측정프레임과 연결되어 있다. 차륜 프레임으로부터 측정프레임에 전달된 견인력 또는 운동저항은 베이스 프레임과 측정프레임 사이에 장치된 인장-압축 로드셀에 의해 감지되어 컴퓨터에 입력되게 되어 있다. 측정프레임의 후부에도 연직방향으로 연마봉이 지지되어 있으며, 이 봉위를 차륜 프레임에 부착된 직선운동베어링이 토양상태와 차륜에 걸리는 동하중에 따라 상하로 자유로이 운동하게끔 되어 있다. 이 경우 차륜의 침하량은 포텐서미터에 의해 감지되어 컴퓨터에 입력되게 되어 있다.

측정프레임과 차륜프레임을 연결하는 직사각형관에는 역시 수평방향으로 두개의 연마봉과 직선운동 베어링이 부착되어 있어 차륜 프레임의 조정행들에 의해 차륜 프레임의 수평운동이 가능하게 하였다. 따라서 베이스 프레임을 중심으로 측정프레임은 전후방향, 차륜 프레임은 상하좌우방향으로 자유로이 운동 또는 조정이 가능하게끔 제작되었다. 차륜 프

레임은 차륜이 부착되는 프레임으로서 차륜이 최대 직경의 1/3까지 자유로이 토양상태에 따라 침하할 수 있도록 설계되었으며, 차륜에서 이용가능한 최대동력은 약 8PS정도이다. 그림 3은 측정대차와 견인력, 침하량 및 차륜의 회전속도를 감지하는 센서의 위치를 나타낸 것이다. 실험차륜의 구동은 유압 시스템을 이용하였으며, 유압펌프의 송출압력은 최고 180kg/cm<sup>2</sup>이며, 최대 송출 유량은 30 l/min이다. 유압모타는 ORBIT모타로서 사용가능한 회전수 범위는 50-350rpm이며, 최대이용가능 토크는 24kg-m이다. 유압모타로부터 발생된 토크는 체인전동을 통해 차륜에 입력되게 제작되었다.

차륜에 전달되는 토크의 크기는 차륜의 크기에 따라 스프로킷을 교환하여 변환할 수 있도록 하였으며 차륜에서의 이용가능한 최대 토크는 약 300kg-m이다. 차륜 프레임에 장착되어 실험이 가능한 차륜의 크기는 폭 30cm, 직경 100cm까지 가능하도록 제작되었다. 실험이 수행되지 않는 경우에 있어서 측정대차의 이동은 실험 차륜이 토양에 닿지 않도록 차륜 후레임을 높인 상태에서 가능해야 하므로 워감속기에 의해 차륜 프레임의 위치를 높이고 고정시키도록 하였다.

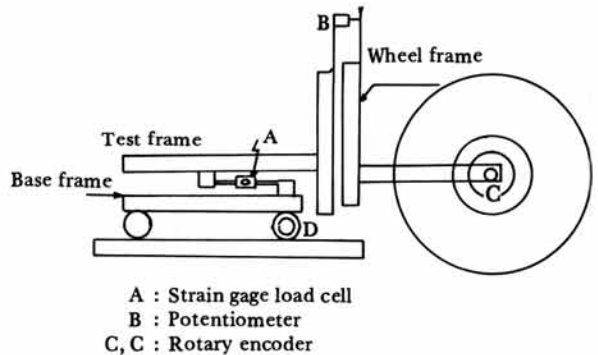


Fig. 3. Schematic diagram of the test carriage and locations of transducers for the wheel performance, evaluation.

측정대차에는 다음과 같은 항목들이 측정될 수 있도록 제작되었으며 이에 적합한 각종 트랜스듀서가 부착되었다.

- 실험차륜 및 측정대차 바퀴의 회전속도
- 토양과 실험 차륜 사이에서 발생하는 견인력
- 실험 차륜의 주행 저항
- 실험 차륜의 침하량

2-4. 토양가공대차

토양가공대차는 토양의 물리적 상태가 실험 목적에 적합하도록 실험과 실험 사이에 토양을 가공하는 대차로서 테이블 견인식으로 제작되었다. 토양가공대차의 골격은 주로 100×100×6×8mm 크기의 H형강으로 제작되었다. 대차는 직경 15cm의 철재바퀴 네개에 의해 레일위에 지지되어 있으며 측면에는 좌우이동을 방지하기 위해 직경 10cm의 바퀴가 네개 부착되어 있다. 이 철재바퀴들은 토양가공시에 발생할 수 있는 진동과 소음을 줄이기 위해 단단한 고무로 코팅이 되어 있다. 그림 4는 토양가공대차를 나타낸 것이며, 토양가공대차는 토양가공에 필요한 다음 시설들을 포함하고 있다.

- 로타리 톨러 : 로타리 톨러는 10마력 동력경운기용 로타리를 개조하여 부착하였으며 10마력 전동기에 의하여 구동된다. 경운 깊이는 웜 잭(worm jack)에 의해 조절되며 최대 경심은 25cm이다.
- 표면 다짐 로라 : 로라의 직경은 50cm이며 길이는 90cm이다. 필요한 토양의 상태에 따라 로라 내부에 물을 채워 토양 밀도를 조절할 수 있게 제작하였다.
- 표층다짐로라 : 직경 50cm 두께 2.5cm의 플라이휠 타입의 로라 7개를 15cm 간격으로 직경 4cm 축에 고정하여 제작하였으며, 주로 0-25cm 표층을 다짐으로서 표층의 밀도를 조절하는데 사용되는 롤러이다. 깊이조절은 역시 웜잭에 의해 조절되며, 다짐정도는 자중과 작업회수에 의해 결정된다.
- 균평기 : 로타리 작업후의 불균일한 표면을 균평하게 하는 장치로서 폭이 약 90cm이다.
- 살수기 : 필요시 토양 수는 함량을 조절할 수 있



Fig. 4. View of soil processing carriage.

도록 일정간격으로 구멍이 있는 강관을 이용하여 제작하였다.

3. 자료 수집 시스템의 구성

본 인공토조용 자료수집시스템에서 사용된 마이크로 컴퓨터는 우리나라에서 널리 사용되고 있는 APPLE II PLUS로서 중앙처리장치(CPU)가 6502이며, 기억용량이 64kbyte이다. APPLE II PLUS는 가격이 다른 기종에 비해 저렴하고 주변장치의 개발이 용이하다는 장점이 있다.

본 연구에서의 차륜의 성능을 측정하기 위한 자료 수집 시스템의 전체 구성도는 그림 5와 같다.

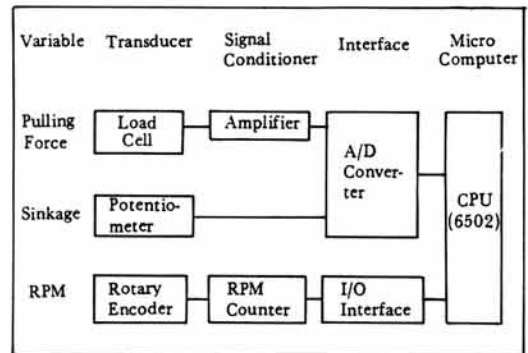


Fig. 5. Block diagram of data acquisition system for soil bin experiment.

3-1. 디지털 I/O 인터페이스

디지털 I/O 인터페이스는 디지털 계수기 (Digital counter)에서 출력되는 데이터를 마이크로 컴퓨터로 받아들이는 주변장치로서 주변 인터페이스 어댑터 (Peripheral Interface Adapter; PIA) 6821을 사용하여 제작하였다.

IC 6821은 68계열 LSI인데 APPLE용 I/O 인터페이스로는 가장 많이 이용되며, 2조의 8 bit 양방향 주변 데이터 버스(Data bus)와 4개의 제어선(control line)을 통하여 중앙처리장치를 주변기에 연결시킨다. 그리고 PIA 6821에는 중앙처리장치의 데이터 버스를 호출할 수 있는 6개의 기억장소(Register)가 있는데 그것은 2개의 주변 레지스터(Peripheral Register) 2개의 제어 레지스터(Control Register), 2개의 데이터 방향 레지스터(Data Direction Register)로 나뉜다. 제어 레지스터는

PIA의 전반적인 기능을 제어하는데 사용되며, 데이터 방향 레지스터는 PIA의 입출력을 결정하는데 사용되며, 주변 레지스터는 출력으로 보낼 데이터나 입력으로 들어온 데이터를 격납하는데 사용된다.

어드레스 맵은 낮은자리의 어드레스로부터 주변 레지스터 A, 제어 레지스터 A, 주변 레지스터 B, 제어 레지스터 B로 배열되어 있다. 주변레지스터와 데이터 방향 레지스터는 같은 어드레스를 공유하고 있는데 제어 레지스터의 비트 2가 '1'일때 주변 레지스터가 할당되고 '0'일때 데이터 방향 레지스터가 할당된다.

### 3-2. A/D 변환기

본 연구에 사용된 A/D 변환기는 8 bit의 분해능 (resolution)을 갖고, 16개 channel의 멀티플렉서 (multiplexer)를 내장하고 있는 축차 비교형의 ADC 0817이다. 이 변환기는 고 임피던스 (high impedance)의 안정화된 비교기 (comparator)와 3개의 아날로그 스위치를 가진 256R 전압 분할자 (Voltage divider) 및 축차근사 레지스터 (SAR)를 내장하고 있고, 비교적 변환시간이 빠르며 (100 $\mu$ s) 정확성이 높고 온도편차가 적은 특징을 가지고 있다.

### 3-3. 측정용 변환기

#### 3-3-1. 회전 속도

회전속도는 일본 立石電氣社 제품인 로타리 엔코더 E6A-CS100을 사용하여 측정하였다.

E6A-CS100 로타리 엔코더는 회전당 100개의 펄스를 발생시키는 것으로서 이 펄스를 계수함으로써 실험 차륜 및 대차바퀴의 회전속도를 구할 수 있다.

로타리 엔코더에서 나온 펄스는 슈미트 트리거 (Schmitt trigger)인 게이트 (74LS14)를 거쳐 디지털 카운터 (digital counter)와 I/O 인터페이스를 통해 마이크로 컴퓨터에 입력된다.

표 1은 로타리 엔코더 E6A-CS100의 전기적 특성을 나타낸 것이다.

#### 3-3-2. 견인력 (또는 주행저항)

인공토조에서 실험차륜의 주행시 발생하는 견인력 (또는 주행저항)을 측정하기 위하여 스트레인 게이지를 이용한 로드셀을 제작 사용하였다. 로드셀은 철강재 외팔보에 풀 브릿지 (Full bridge)로 구성하였는데, 그림 6은 견인력을 검출하기 위한 로

Table 1. Electrical specification of rotary encoder.

Model	E6A - CS100
Power Supply	4.5 - 13 volts
Circuit Consumption	20mA max.
Output Frequency	100pulse/rev. output
Max. Revolution	5000 rpm

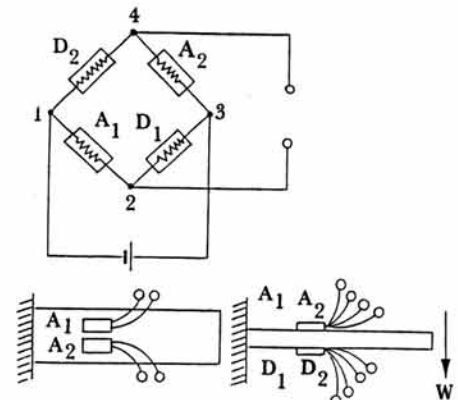


Fig. 6. Wheatsen bridge configuration and strain gage locations

드셀의 휘이스톤 브리지의 구성을 나타낸 것이다.

#### 4-3-3. 침하량

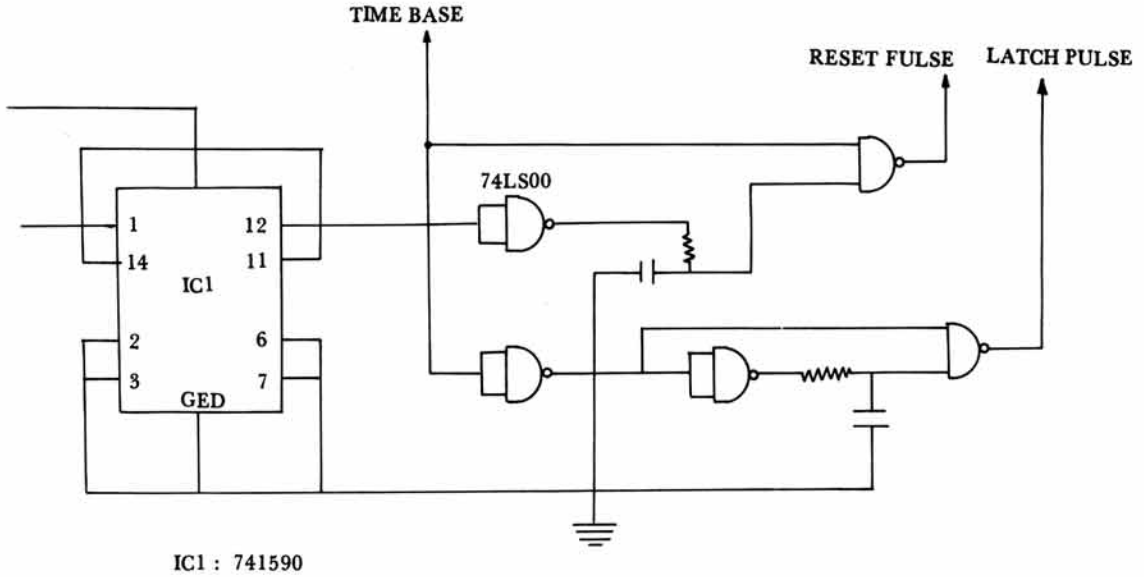
침하량은 일본 Sakae사 제품인 모델 22HP-10인 10-turn 전위차계 (Potentiometer)를 사용하여 측정하였다.

이 전위차계는 측정 대차의 측정 프레임에 부착되어 차륜 프레임의 위치에 따라 비례적으로 출력 전압을 갖게 된다. 전위차계에서 0-5V로 출력되는 아날로그 형태의 신호는 A/D 변환기를 통하여 컴퓨터에 입력된다.

#### 3-4. 회전속도 계수기

대차바퀴 및 실험 차륜의 회전속도 측정을 위하여 로타리 엔코더에서 발생된 펄스를 계수할 수 있도록 디지털 카운터를 제작 사용하였다.

디지털 카운터는 로타리 엔코더에서 나온 펄스를 Hex inverter Schmitt trigger 74LS 14를 이용하여 안정화시키고 4 bit counter인 SN74143으로 펄스를 계수하여 7 Segment LED에 표시하는 동시에 컴퓨터에 입력시켰다. 4 bit counter인 SN74143은 저항 없이 7 Segment LED를 구동할 수 있도록



IC1 : 741590

Fig. 7. Wiring diagram of reset latch pulse generator.

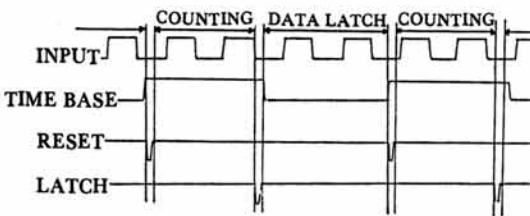


Fig. 8. Timing diagram of digital counter.

15mA의 일정한 전류 출력을 낼 수 있는 장점을 가지고 있다.

타임 베이스 발생기에서는 5MHz의 입력 발진 주파수가 7개의 TTL 74LS 90을 거쳐 각각 감쇄되어 0.5Hz의 주파수를 갖게 된다. Time base의 주파수가 0.5Hz이므로 1 Cycle당 2초가 소요되어 time base가 'H'일때의 1초간 계수한 값을 time base가 'L'일때의 1초간 래치하고 있으면서 마이크로 입력시킨다. 따라서 디지털 카운터는 타임 베이스 발생기에 의해 2초의 주기를 갖고 지시와 계수는 교대로 행하게 된다. 그림 7은 리셋 래치 펄스 발생기(reset-latch pulse generator)의 회로도 를 나타낸 것이며, 그림 8은 계수기의 타이밍 다이어그램(timing diagram)을 나타낸 것이다.

### 3-5. 자료 수집 프로그램

본 자료 수집 프로그램의 주 프로그램은 베이직

언어를 사용하여 작성하였다. A/D 변환기는 변환과 처리속도 증가를 위하여 6502 어셈블러 언어를 사용한 데이터 입력용 부프로그램을 이용하였다.

그림 9는 주 프로그램의 흐름도를 나타낸 것인데 본 프로그램은 먼저 읽어드린 각 측정항목의 데이터를 주 기억장치에 일시 보관시키고 측정이 끝난 후 이를 다시 플로피 디스크에 데이터 파일로 보관할 수 있도록 개발하였다.

개발된 프로그램은 세가지로 선택하여 실행시킬 수 있는데, 첫째는 토조에 대한 사양서 입력, 둘째는 자료 수집의 실행, 셋째는 보관된 데이터 파일의 출력이다.

먼저 첫번째를 선택하면 인공토조에서의 실험일자, 인공토조의 작동자, 실내온도, 동하중, 실험차륜 및 측정대차 바퀴의 반경을 묻게되며 여기서 작동자가 각각의 사양을 입력시키면 사양서에 대한 데이터 파일을 만들게 된다. 데이터 파일이 지정된 후 다음 단계로 넘어가는 것을 묻게 되며 원하지 않을 경우 프로그램의 선두로 넘어가게 된다.

두번째를 선택하면 각 측정항목의 데이터 수집을 실행하여 모든 측정이 끝난후 이 데이터들을 플로피 디스크에 데이터 파일로 보관할 것인가, 다시 데이터 수집을 할 것인가, 처음으로 돌아갈 것인가, 다음 단계로 넘어갈 것인가를 묻게 된다.

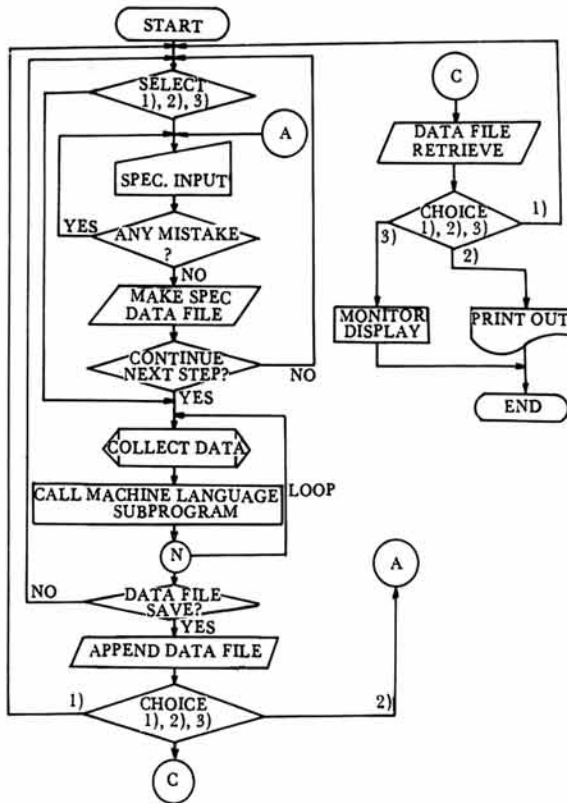


Fig. 9. Flow chart of main program.

세번째를 선택하면 플로피 디스크에 보관된 데이터 파일을 출력하는 것인데, 모니터나 프린터기로 보관된 데이터 파일을 출력할 것인가를 묻게 된다. 이때 원하지 않을 경우 다시 프로그램의 선두로 돌아가게 된다.

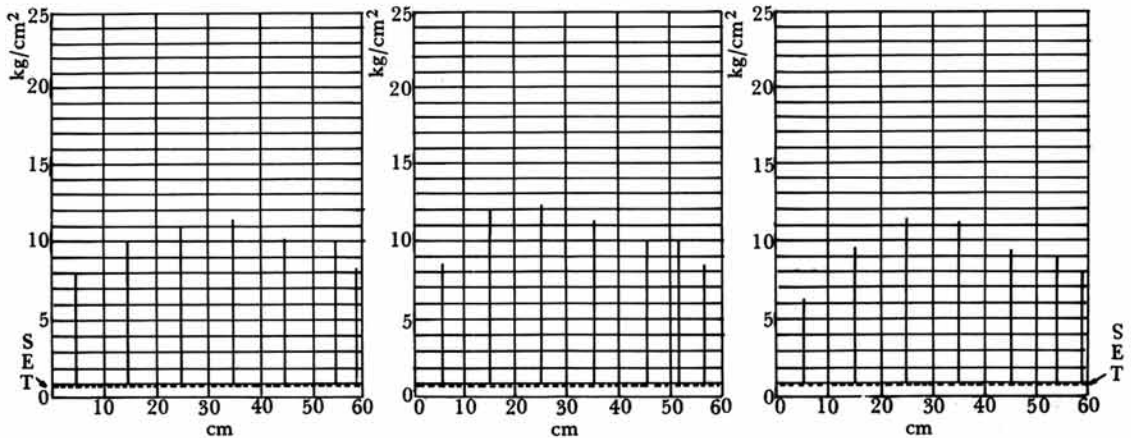


Fig. 10. Cone index distribution after soil processing.

## 4. 結果 및 考察

### 4-1. 人工토조 시스템

본 인공토조 시스템에서 실험이 가능한 토조구간의 총 길이는 약 7m로서 실험 최대 가능 속도 1.5 m/s와 자료 수집 속도를 고려했을때 충분한 것으로 판단되었다. 또한 토양 가공에 의해 실험이 가능한 토조내의 폭은 약 80cm로서 차륜의 폭이 적거나 차륜의 슬릿 또는 침하가 적어 토양의 파괴가 적은 경우에는 차륜을 토양 파괴가 되지 않는 부분으로 옮겨 실험할 수도 있었다. 따라서 토조의 길이와 폭은 직경 1m, 폭 30cm까지의 차륜을 실험하는데 충분한 것으로 나타났다.

대차의 견인 속도는 0.1-1.5m/s의 범위내에서 윈치구동 시스템의 변속장치에 의해 다양하게 선택할 수 있었다. 윈치구동 시스템은 10ps의 교류전동기에 의해 구동되며 이 동력은 측정대차와 토양가공대차의 구동에 충분한 것으로 나타났다.

측정대차는 베이스 프레임, 측정 프레임, 바퀴 프레임의 3개 주요 부분으로 구성되어 있으며, 각각의 프레임들은 서로 자유로운 상대운동을 할 수 있게끔 직선운동 베어링으로 연결되어 있어, 필요한 측정 트랜스 듀서만 부착시키면 차륜의 견인성능분석에 필요한 항목들을 정확히 측정할 수 있는 것으로 나타났다.

실험 차륜의 슬릿은 측정대차의 속도와 실험 차륜의 속도차에 의해 조절이 가능하였으며, 측정대차의 속도는 대차 구동 시스템의 경운기 변속장치에

의해, 실험 차륜의 속도는 유압시스템의 유량조절 밸브에 의해 조절되었다.

유압모타는 15 ps의 교류전동기에 의해 구동되며, 유압시스템의 효율을 분석한 결과 차륜에서 이용 가능한 동력은 최대약 8 ps이며, 체인 전동을 통해 차륜에 전달될 수 있는 최대 토크는 약 300kg-m로서 토양의 상태등을 고려하였을때, 직경 1m까지의 차륜 성능 테스트가 가능한 것으로 분석되었다.

그림 10은 건조한 砂土에 있어서 표면다짐 롤러와 표층다짐 롤러로 2회 다짐가공을 한 후 SR-2 자동기록 원추관입 시험기로써 토조내의 임의의 세 지점의 원추지수를 표면으로부터 5cm 깊이 간격으로 측정하여 그 분포를 나타낸 것이다. 이 그림은 토조내의 임의의 아홉 지점에 대해 측정한 원추지수 중 동일 그래프상에 나타난 세 지점의 측정치이며, 다른 여섯지점에서의 측정치도 비슷한 경향을 보였다. 이 그림에 의하면 토양가공후 깊이별로 원추지수의 분포가 비슷한 것을 알 수 있으며, 이러한 결과는 토양가공대차에 의한 토양가공상태가 토조 전구간에 걸쳐 비교적 균일한 것을 의미하는 것으로서 다른 토양타입과 다른 토양가공 조건에서도 나타났다.

Table 2. Uniformity of soil physical properties after reproducing by soil processing carriage. (Sandy loam, MC: 7.4% a.b)

Rep.	1	2	3	4	Mean
Density (g/cc)	1.390	1.373	1.382	1.366	1.378
Cone index (kg/cm <sup>2</sup> )	3.71	3.98	4.12	3.95	3.94

표 2는 토양가공에 의한 토양상태의 재현 가능성을 검토하기 위하여 토양 함수율이 7.4%(d.b)인 砂壤土에서 토양가공 조건을 일정하게 하여 토양가공을 한후 토조내의 임의의 세 지점에서 토양의 겉보기 밀도와 원추지수를 측정하여 그 평균값을 비교한 것이다.

토양가공 조건은 로타리 톨러 가공 1회, 표층다짐 가공 2회, 표면다짐 가공 2회였다.

이 표에서 보면 토양 겉보기 밀도와 원추지수 값

들이 반복간에 큰 차이를 보이지 않고 비교적 근일한 값을 보이고 있는데 이러한 결과는 다른 토양타입에서도 나타났다. 이것은 토양가공 대차를 이용하여 동일한 토양가공 조건으로써 동일한 토양상태의 재현이 가능한 것을 의미하는 것이다.

#### 4-2. 자료 수집 시스템

자료 수집 시스템의 검정실험은 검정실험 장치를 인공토조 시스템에 정착하기가 매우 어려워 인공토조 시스템과 무관하게 수행하였는데 견인력(주행저항)과 차륜 침하량의 검정은 속도 설정으로 대신하였다.

속도 설정을 위하여 견인력(또는 주행저항)을 측정하기 위한 로드셀은 3회 반복으로 하중에 따른 컴퓨터 출력 전압을 측정하였으며, 차륜 침하량을 측정하기 위한 전위차계는 전위차계 축에 직경 3cm의 원판을 부착하고 원판에 나일론 실을 감아 3회 반복으로 기준위치로부터 실선단의 변위에 따른 컴퓨터 출력 전압을 측정하였다.

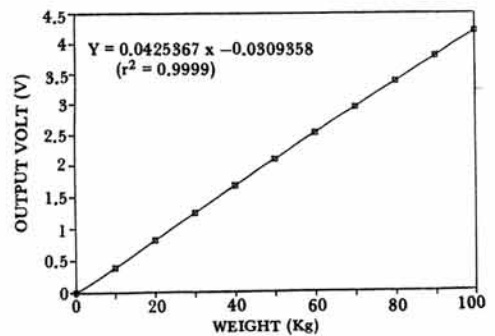


Fig. 11. Calibration curve (load cell).

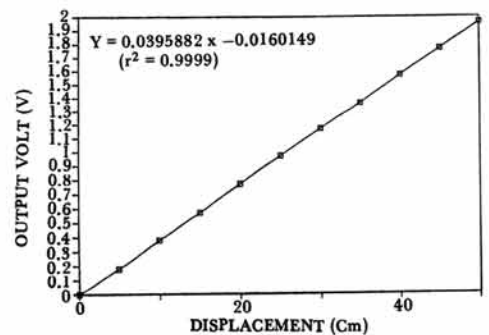


Fig. 12. Calibration curve (Potentiometer).



그림 11과 12는 측도 설정의 결과를 나타낸 것이다.

그림 11과 12에서 하중과 변위에 대한 출력 전압은 좋은 직선성을 보여주고 있다.

실험차륜의 회전속도를 측정하기 위한 디지털 카운터의 검정은 소형 DC 모터 축에 로타리-엔코더를 부착하고 슬라이드스코프 모-터의 회전 속도를 바꾸면서 타코메타와 컴퓨터 모니터에 나타나는 값을 4 번씩 측정하여 비교하였다. 표 3은 DC모-터의 회전속도별로 타코메타와 자료 수집 시스템의 값을 나타낸 것이다. 표에서 보면 자료 수집 시스템의 변이계수가 타코메타로써 읽는 경우보다 작게 나타나고 있는데 이것은 자료수집 시스템으로 회전속도를 측정하는 것이 더 유리한 것을 보여주는 것이다. 또 로드셀 2개, 디지털 카운터 2개, 전위차계 1개로 하여 총 5개 측정항목의 자료를 수집하는데 소요되는 시간은 약 0.86초 정도였다. 인공토조에서의 실험은 견인력(혹은 주행저항), 실험차륜의 회전속도, 측정대차 바퀴의 회전속도, 실험차륜의 침하량등의 변이가 심하지 않을 것으로 생각되

므로 0.86초에 한번씩 자료를 수집하더라도 별 무리가 없을 것으로 판단된다.

특히 디지털 카운터에서는 실제 2초에 한번씩 자료를 수집하게 되어 있으나 차륜의 회전속도와 측정대차의 전진속도등은 인공토조 실험에서 거의 정상상태로 유지될 것이므로 큰 하자가 없을 것으로 판단된다.

본 인공토조 시스템의 실제 실험 가능 길이가 약 7m정도로서 실험시간이 약 15-20초 정도 소요되므로 측정 항목별 자료는 약 15개이상 수집될 수 있다.

### 5. 要約 및 結論

본 연구는 농용차륜의 성능평가에 필요한 자료를 정확하고 효율적으로 측정할 수 있는 인공토조 시스템의 제작과 마이크로 컴퓨터를 이용한 자료수집 시스템을 구성하기 위하여 수행되었다.

측정대차는 차륜의 견인성능 평가에 필요한 견인력, 주행저항, 침하량 및 차륜의 회전속도등을 효

Table 3. Comparison of RPM between tachometer and DAS.

RPM SETTING	TACHOMETOR				DAS			
	RPM	MEAN	S.D	C.V	RPM	MEAN	S.D	C.V
50	50	50	0.82	1.64%	50.4	50.4	0.49	0.97%
	51				50.4			
	50				41			
	49				49.8			
70	69	69.75	0.5	0.71%	69.6	69.75	0.3	0.43%
	70				70.2			
	70				69.6			
	70				69.6			
100	100	100.75	0.5	0.5%	100.2	99.9	0.346	0.35%
	101				99.6			
	101				99.6			
	101				100.2			
150	150	149.75	0.5	0.33%	150.6	150.15	0.3	0.20%
	150				150			
	149				150			
	150				150			
200	199	199.75	0.96	0.48%	199.2	199.8	0.49	0.24%
	199				199.8			
	200				199.8			
	201				200.4			

율적으로 측정할 수 있도록 구성되었다. 실험차륜 구동차축에서 이용 가능한 동력은 약 8 ps 정도이며, 실험 가능한 차륜의 크기는 폭 30cm, 직경 100 cm 범위이다. 토양가공 대차는 토양의 물리적 상태가 실험목적에 적합하도록 실험과 실험 사이에 토양을 가공하는데 필요한 장치들로 구성되었다. 토양 가공후 토양의 물리적 상태는 토조 전구간에 걸쳐 비교적 균일한 것으로 분석되었으며, 토양가공 횟수에 따라 필요한 토양상태의 재현도 가능한 것으로 나타났다.

자료수집 시스템은 APPLE II PLUS 마이크로 컴퓨터, 스트레인 증폭기, A/D 변화기(16 channel), I/O 인터페이스와 디지털 계수기 및 몇 종의 트랜스듀서로 구성되었다. 자료수집 시스템의 측정항목인 측정대차 바퀴의 회전속도, 실험차륜의 회전속도 및 침하량, 견인력(또는 주행저항)을 약 0.86초 이내로 측정하여 마이크로 컴퓨터로 입력, 저장시킬 수 있었다.

따라서 본 시스템은 농용차륜의 성능평가를 위한 측정자료를 비교적 정확하고 신속하게 수집하여 필요한 자료를 제시할 수 있는 것으로 판단되었다.

## 6. 참고문헌 참고문헌

1. 류관희외 2인. 마이크로 컴퓨터를 이용한 데이터 수집 시스템. 서울대학교 농과대학.
2. 유영선. 1985. 트랙터의 포장 성능 평가를 위한 자료수집처리시스템의 개발. 서울대학교.
3. Burt, E.C., C.A. Reaves, A.G. Bailey and W.D. Pickering. 1980. A machine for testing tractor tires in soil bins. *Trans. of the ASAE.* 25:546-552.

4. Clark, R.L. and A.H. Adsit. 1985. Micro-computer-based instrumentation system to measure tractor field performance. *Trans of the ASAE.* 30:393-396.
5. Frank, J.L. and A.P. Schneider. 1973. A portable data acquisition system for field use. *Trans. of the ASAE.* 18: 821-823.
6. Grevis-James, I.W., D.R. Devoe, P.D. Bloome, D.G. Batchelder and B.W. Lambert. 1983. Microcomputer-based data acquisition for tractors. *Trans. of the ASAE.* 28:692-695.
7. Hendrick, J.G., C.E. Johnson, R.L. Schafer and J.D. Jarrell. 1981. A micro-processor-based field data acquisition system. *ASAE Paper No. 81-1577.*
8. Mitchell, Bailey W. 1982. Signal conditioning for analog inputs to microcomputers. *Trans. of the ASAE.* 27:570-575.
9. Schafer, R.L. and O. Clyde. 1970. Data acquisition on the National Tillage Machinery soil bins. *Proceedings of the Working Conference of the 3rd Section of C.I.G.R at Wageningen, Netherland, Oct. 19-23, pp.145-161.*
10. Tompkins, F.D. and L.R. Wilhelm. 1982. Microcomputer-based tractor data acquisition system. *Trans. of ASAE.* 27:1540-1543.