

연성 궤도형차량의 견인성능 예측 모델의 실험적 검증

Experimental Validation of Tractive Performance Prediction Model for Flexible Tracked Vehicles

박 원 엽*	이 규 승*
정희원	정희원
W. Y. Park	K. S. Lee

ABSTRACT

In this paper, to estimate the effectiveness of the tractive performance prediction model(TPPMTV98) which was developed to predict the tractive performance of flexible tracked vehicles in previous paper, the experimental substantiation of the TPPMTV98 was carried out.

Field test for the verification of the TPPMTV98 were conducted with the reconstructed tracked vehicle on the loam soil with the moisture content of 18.92%, and bevameter was constructed in order to measure soil properties *in situ*.

The drawbar pulls measured were compared with predicted ones. As a result, the predicted drawbar pulls by the TPPMTV98 were well matched to the measured ones. Such results implied that the TPPMTV98 could well estimate the drawbar pulls at given soil conditions, and would be very useful as a simulation tool for designing a flexible tracked vehicle and predicting its tractive performance.

주요용어(Key Words): 로외(Off-Road), 연성궤도형차량(Flexible Tracked Vehicle), 견인성능(Tractive Performance), 베바메타(Bevameter), 견인성능 예측 프로그램(TPPMTV98)

1. 서 론

농업기계, 건설중장비, 군사용차량 등 로외차량(off-road vehicle)이 운용되고 있는 자연 토양 지면은 점토에서부터 눈, 모래에 이르기까지 매우 다양하다. 이와 같이 다양한 지면에서 운용되고 있는 로외차량의 견인 및 주행성능은 지면의 토양상태에 따라 크게 영향을 받아 지면의 토양조건은 차량성능에 제한적인 요소로 작용하는 경우가 많다. 따라서 로외차량이 운용되고 있는 토양에 대한 역학적 특성과 주행장치-토양의 역학적 상호작용에 대한 이해는 로외차량의 적절한 설계, 선택, 운용에 절대적으로 필요하다.

현재 산업용 건설기계나 농업분야에서 이용되고 있는 로외차량의 주행장치로는 차륜형과 궤도형이 이용되고 있다. 차륜형차량(wheeled vehicle)은 궤도

형차량(tracked vehicle)에 비해 그 구조가 간단하고 내부 에너지의 손실이 적고, 단단한 지형에서 기동성이 좋은 장점을 갖고 있으나 연약한 지형에서는 높은 접지압으로 침하가 크게 발생하기 때문에 주행 저항이 크게 나타나 견인 성능면에서 비효율적이다. 이에 비해 궤도형차량은 구조가 복잡하고 내부 운동 저항이 커서 에너지 손실은 많으나 휠형차량에 비해 같은 중량의 차량일 경우 접지압이 작아 침하가 작게 발생하여 연약지에서 높은 견인성능을 낼 수 있는 장점이 있다. 따라서 농업용, 군사용, 산업용 건설중장비 등 로외에서 사용되는 차량에는 이러한 궤도형차량이 많이 사용되고 있다. 그러나 다양한 지면상태에서 운용되는 궤도형 차량의 견인 및 주행성능은 토양-궤도의 상호작용에 의해 결정되기 때문에 지면의 토양상태와 지면과 접촉하는 궤도장치의

* 성균관대학교 생명자원과학대학 생물기전공학과

형태는 케도형차량의 성능에 밀접한 관련이 있다. 따라서 케도형차량이 운용되는 토양에 대한 역학적 특성과 토양-케도의 역학적 상호작용에 대한 연구는 토양조건과 케도형차량의 설계조건에 따른 성능 예측을 가능하게 하여, 케도형차량의 투입 및 운용 뿐만 아니라 성능 향상을 위한 설계 개선에도 크게 기여할 수 있다.

이에 박 등(1998)은 前 報(한국농업기계학회지 23 권 3호 참조)에서 토양특성과 케도형차량의 주요 설계변수들간의 역학적 상호작용을 분석하여 연성 케도형차량의 견인성능을 예측할 수 있는 수학적 모델을 개발하여 이 모델로부터 케도형차량의 견인성능을 종합적으로 평가할 수 있는 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램(TPPMTV98)을 개발하였고, 개발된 모델은 이미 그 유효성이 입증된 Wong(1984, 1988)의 문헌에 보고된 결과와 비교함으로써 그 타당성을 입증하였다. 그러나 TPPMTV98의 검증은 문헌에 제시된 토양자료와 케도형차량의 제원에 대한 자료를 토대로 한 결과만을 이용하여 이루어졌기 때문에 TPPMTV98의 보다 정확한 검증과 국내 토양에 대한 확대 적용 가능성을 평가하기 위해서는 실제 토양에서의 케도형차량을 이용한 견인력 실험을 통한 추가적인 검증이 필요하다.

따라서 본 연구의 목적은 이미 개발되어 이전 논문에서 보고된 연성 케도형차량의 견인성능 예측 모델(TPPMTV98)의 적용 가능성을 보다 정확하게 평가하기 위해, 실제 토양에서 케도형차량의 견인성능에 영향을 미치는 주요 설계변수인 케도형차량의 무게, 초기 케도장력, 전륜 수 등의 변화에 따른 견인력 실험을 통해 TPPMTV98의 유효성을 실험적으로 검증하는데 있다.

2. 재료 및 방법

가. 실험토양

견인력 실험은 성균관대학교 교내에 위치한 밭 토양에서 수행되었으며, 밭의 크기는 길이 35m, 폭 20m이다. 한편 실험토양의 조성 및 분류는 USDA 법에 따라 실시하였으며 그 결과는 표 1과 같다.

Table 1 Soil texture of test field by USDA classification

Composition			Texture
Sand (%)	Silt (%)	Clay	
34.2	42.4	23.4	L

나. 토양 물리성 측정

견인력 실험이 수행된 실험토양의 물리적 특성을 측정하기 위해 토양물리성 측정장치인 베바메타(Bevameter)를 제작하였다. 베바메타는 크게 2개의 독립된 시스템, 즉 평판재하시험(plate penetration test) 장치와 전단시험(shear test) 장치로 구성되었다.

평판재하시험 장치는 토양의 압력-침하관계와 반복하중에 대한 반응특성을 측정하고, 측정된 압력-침하관계로부터 차량의 침하량을 예측할 수 있고, 반복하중에 대한 반응특성으로부터 토양의 회복정도를 구명하여 다축차량 또는 전륜(roadwheels)의 연속적인 통과 효과(repetitive pass effect)에 대한 토양의 반응 특성을 예측할 수 있다.

그림 1은 평판재하시험 장치의 개략도로서 평판에 수직하중을 가해주는 유압실린더, 하중을 측정하는 힘변환기(loadcell), 수직하중에 대응하는 평판의 침하량을 측정하는 로타리엔코더(rotary encoder) 등으로 구성되었다. 하중변환기는 일본 NTS사에서 제작한 용량 1,000kgf의 LRM-1T를 사용하여 고정프레임(fixed frame)에 부착된 유압실린더의 피스톤로드와 하단판(lower plate) 사이에 고정되어 있고, 평판은 하단판의 저부에 고정된 원형 봉의 아래쪽 끝 부분에 착탈식으로 부착할 수 있다. 따라서 사각 프레임의 수직운동에 의해 측정장치 저부의 평판에 작용하는 수직하중은 하중변환기에 의해 측정된다. 평판의 침하량은 유압실린더에 의해 연직방향으로 이동하는 상단과 하단판에 랙기어(rack gear)를 장착하고, 고정프레임에는 1회전당 1,024개의 펄스를 출력하는 일본 NEMICON사의 로타리엔코더(OEW-1024)를 부착하여 로타리엔코더의 펄스신호로부터 측정하였다. 한편, 평판은 길이와 폭이 각각 160×40 mm, 160×80 mm인 두 종류의 다른 크기의 평판을 사용하였다. 그림 2에 실험토양에서 평판재하시험

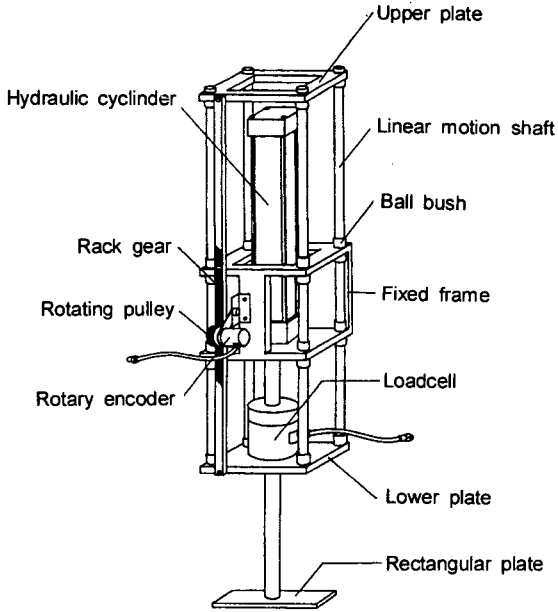


Fig. 1 Schematic view of a plate penetration test device.

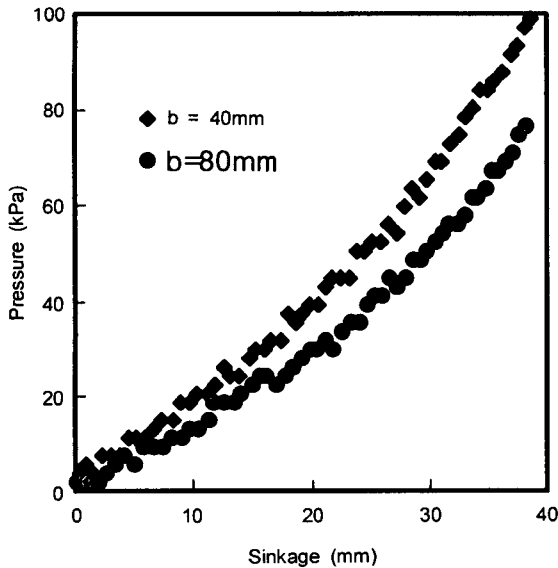


Fig. 2 Pressure-sinkage curves measured by plate penetration test device.

장치를 이용하여 측정된 평판의 압력-침하관계를 나타내었다.

전단시험 장치는 토양의 전단응력-전단변위 특

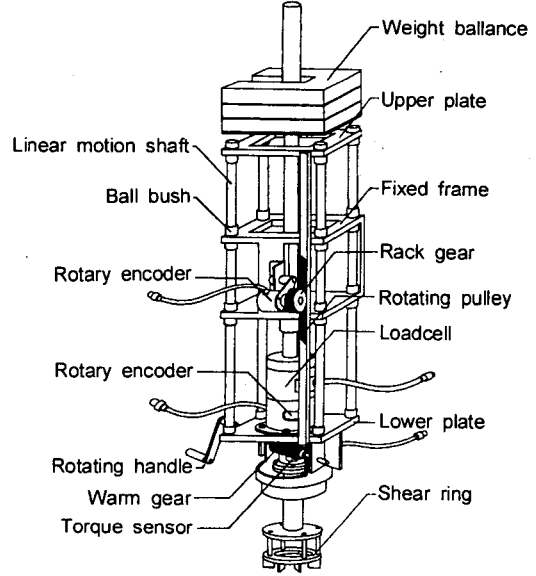


Fig. 3 Schematic view of a shear test device.

성을 측정하여 이로부터 토양과 접하는 차량의 주행 부분부터 산출되는 슬립-추진력관계를 구명할 수 있다. 전단시험 장치는 그림 3에 나타난 바와 같이 수직하중을 가해주는 무게추(weight balance), 하중에 대응하는 전단링의 침하를 측정하는 로타리엔코더, 전단링의 회전각변위를 측정하는 로타리엔코더, 그리고 전단링의 회전토크를 측정하는 토크센서 등으로 구성되었다.

전단링에 가해주는 하중방식은 전단링의 토양전단에 의한 추가적인 침하에 의해 나타나는 하중감소 효과를 제거하기 위해 임의의 무게를 갖는 무게추를 이용하는 방식으로 구성되었다. 한편, 침하량 측정방식은 압력-침하 시험장치와 같은 형태로 구성되었다.

전단링은 외경과 내경이 각각 5cm, 3cm이고 돌기부가 6개로 구성되어 있으며, 15:1의 기어비를 갖는 웜기어(worm gear)를 이용하여 회전축들에 의해 회전되고, 전단링의 회전에 따른 토크는 일본 NTS사의 10kgf·m의 용량을 갖는 비회전타입 토크센서(TCF-10K)를 사용하여 측정하였다. 전단링의 회전에 따른 각변위는 로타리엔코더를 이용하여 측정하였고, 로타리엔코더는 전단링이 1회전 할 때마다 600개의 펄스를 출력하는 일본 NEMICON사의 OEW-600-2M을 사용하였다. 그림 4는 실험토양에서

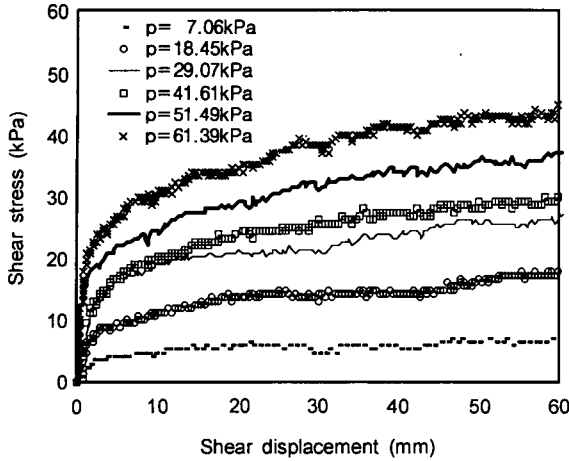


Fig. 4 Shear stress-shear displacement curves at various normal pressures.



Fig. 5 Overall view of Bevameter for measuring soil properties.

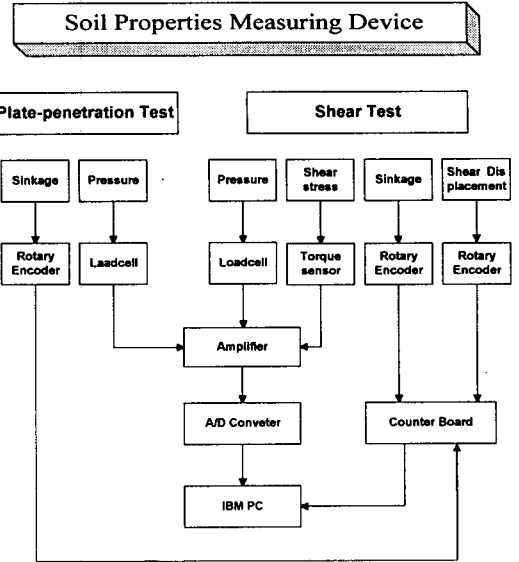


Fig. 6 Block diagram of data acquisition system for measuring soil properties.

전단시험 장치를 이용하여 다양한 수직하중하에서 측정된 전단응력-전단변위곡선을 보여주고 있다.

한편, 베바메타는 측정의 기동성과 동력원의 공급을 위해 LG기계(주)의 소형굴삭기 LGX 100의 굴삭부를 개조하여 장착하였다. 그림 5는 토양물리성을 측정하기 위해 제작된 베바메타와 베바메타가 장착된 차량의 전체 외형도를 나타내고 있고, 그림 6에 베바메타를 이용하여 토양자료를 측정하기 위해 구성한 자료수집 장치의 전체 흐름도를 나타내었다. 한편, 견인력 실험이 수행된 실험토양에서 베바메타를 이용하여 측정된 자료로부터 유도된 토양변수들 표 2에 나타내었다.

Table 2 Characteristics of soil used in traction test

Parameter derived from plate sinkage tests, k_c	: 108.6748	[kN/m^{n+1}]
Parameter derived from sinkage tests, k_ϕ	: 3,021.6348	[kN/m^{n+2}]
Plate sinkage exponent (n)	: 1.2624	
Unloading-reloading parameter (k_o)	: 15,751	[kN/m^3]
Unloading-reloading parameter (A_u)	: -102,000	[kN/m^4]
Soil cohesion (c)	: 2.8026	[kN/m^2]
Soil internal friction angle (ϕ)	: 33.2288	[degree]
Soil shear deformation modulus (K)	: 0.0105	[m]
Wet density (γ)	: 14.34	[kN/m^3]
Moisture content (d.b.) (ω)	: 18.92	[%]

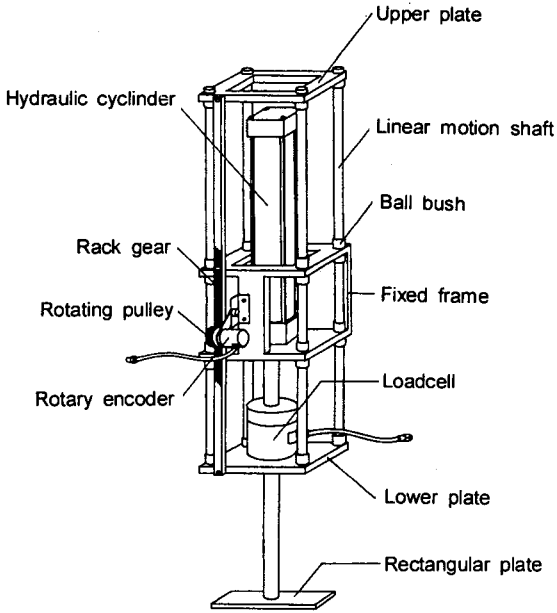


Fig. 1 Schematic view of a plate penetration test device.

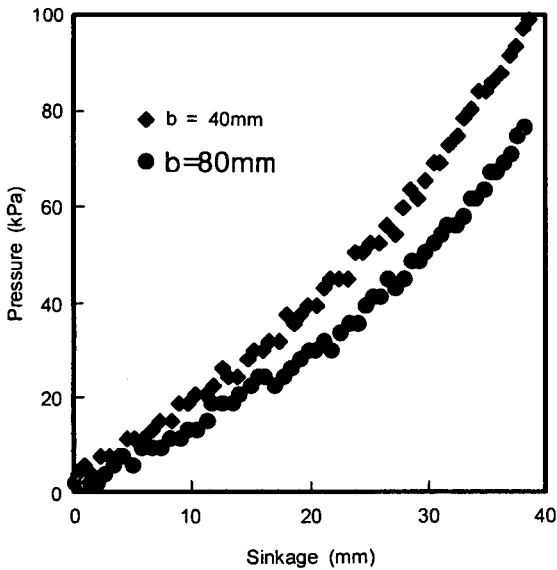


Fig. 2 Pressure-sinkage curves measured by plate penetration test device.

장치를 이용하여 측정된 평판의 압력-침하관계를 나타내었다.

전단시험 장치는 토양의 전단응력-전단변위 특

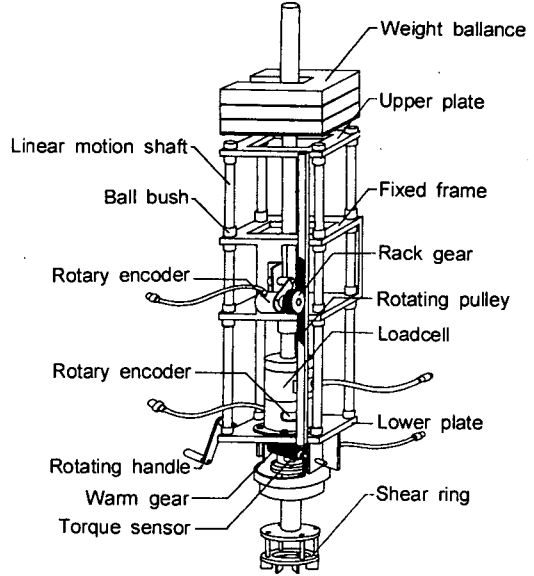


Fig. 3 Schematic view of a shear test device.

성을 측정하여 이로부터 토양과 접하는 차량의 주행 부분부터 산출되는 슬립-추진력관계를 구명할 수 있다. 전단시험 장치는 그림 3에 나타난 바와 같이 수직하중을 가해주는 무게추(weight balance), 하중에 대응하는 전단링의 침하를 측정하는 로타리엔코더, 전단링의 회전각변위를 측정하는 로타리엔코더, 그리고 전단링의 회전토크를 측정하는 토크센서 등으로 구성되었다.

전단링에 가해주는 하중방식은 전단링의 토양전단에 의한 추가적인 침하에 의해 나타나는 하중감소 효과를 제거하기 위해 임의의 무게를 갖는 무게추를 이용하는 방식으로 구성되었다. 한편, 침하량 측정방식은 압력-침하 시험장치와 같은 형태로 구성되었다.

전단링은 외경과 내경이 각각 5cm, 3cm이고 돌기부가 6개로 구성되어 있으며, 15:1의 기어비를 갖는 웜기어(worm gear)를 이용하여 회전축들에 의해 회전되고, 전단링의 회전에 따른 토크는 일본 NTS사의 10kgf-m의 용량을 갖는 비회전타입 토크센서(TCF-10K)를 사용하여 측정하였다. 전단링의 회전에 따른 각변위는 로타리엔코더를 이용하여 측정하였고, 로타리엔코더는 전단링이 1회전 할 때마다 600개의 펄스를 출력하는 일본 NEMICON사의 OEW-600-2M을 사용하였다. 그림 4는 실험토양에서

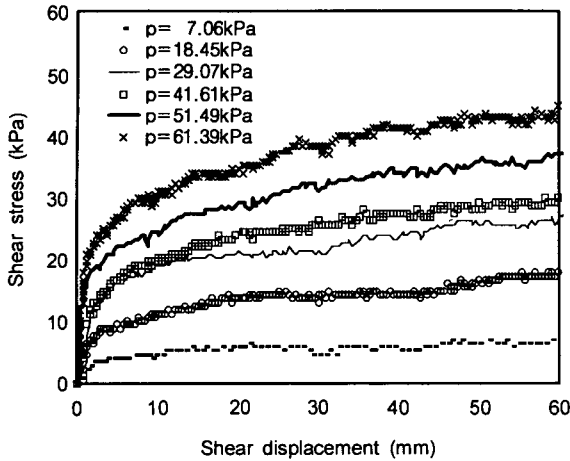


Fig. 4 Shear stress-shear displacement curves at various normal pressures.



Fig. 5 Overall view of Bevameter for measuring soil properties.

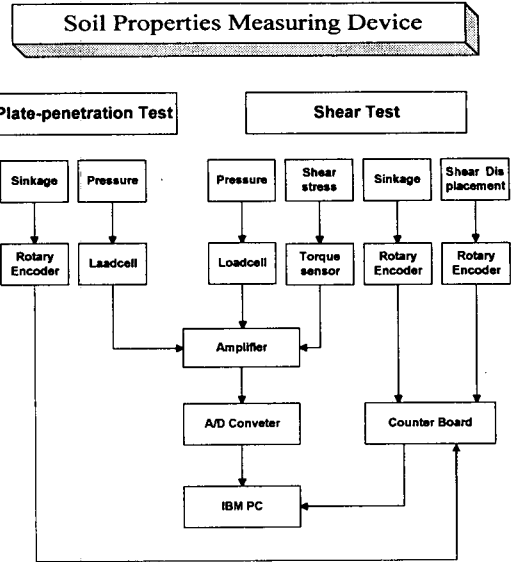


Fig. 6 Block diagram of data acquisition system for measuring soil properties.

전단시험 장치를 이용하여 다양한 수직하중하에서 측정된 전단응력-전단변위곡선을 보여주고 있다.

한편, 베바메타는 측정의 기동성과 동력원의 공급을 위해 LG기계(주)의 소형굴삭기 LGX 100의 굴삭부를 개조하여 장착하였다. 그림 5는 토양물리성을 측정하기 위해 제작된 베바메타와 베바메타가 장착된 차량의 전체 외형도를 나타내고 있고, 그림 6에 베바메타를 이용하여 토양자료를 측정하기 위해 구성한 자료수집 장치의 전체 흐름도를 나타내었다. 한편, 견인력 실험이 수행된 실험토양에서 베바메타를 이용하여 측정된 자료로부터 유도된 토양변수들 표 2에 나타내었다.

Table 2 Characteristics of soil used in traction test

Parameter derived from plate sinkage tests, k_c	: 108.6748	[kN/m^{n+1}]
Parameter derived from sinkage tests, k_ϕ	: 3,021.6348	[kN/m^{n+2}]
Plate sinkage exponent (n)	: 1.2624	
Unloading-reloading parameter (k_0)	: 15,751	[kN/m^3]
Unloading-reloading parameter (A_u)	: -102,000	[kN/m^4]
Soil cohesion (c)	: 2.8026	[kN/m^2]
Soil internal friction angle (ϕ)	: 33.2288	[degree]
Soil shear deformation modulus (K)	: 0.0105	[m]
Wet density (γ)	: 14.34	[kN/m^3]
Moisture content (d.b.) (ω)	: 18.92	[%]

다. 견인력 측정

견인력 측정장치는 궤도형 시험차량과 시험차량에 수평하중을 가해주기 위한 하중차량으로 구성되었다. 견인력 측정을 위해 사용된 시험차량은 삼력기계(주)의 궤도형 소형 운반차량(SCC50D)으로서 본 연구의 실험목적에 적합하도록 궤도장력과 슬립등을 측정하기 위한 장치를 구성하였다. 한편 하중차량은 대동(주)의 22마력 트랙터(L2203-4WD)를 이용하였으며, 견인력 실험시 측정자료를 수집하기 위한 자료수집장치를 구성하여 장착하였다. 한편, 시험차량과 하중차량에 대한 각각의 제원은 표 3에 나타내었고, 그림 7과 8에 견인력 실험에 사용된 시험차량과 하중차량을 나타내었다.

(1) 궤도장력 측정

궤도의 장력 조절장치는 궤도형차량의 주프레임 뒷부분에 위치하여 볼트에 의해 텐션바퀴의 상대적인 위치를 변화시켜 궤도의 장력을 조절하도록 되어 있고, 텐션바퀴는 주프레임과 개별적으로 만들어져 있어 인장볼트에 의해 수평방향으로 앞·뒤로 움직일 수 있다. 따라서 궤도의 장력측정은 인장볼트와 텐션바퀴의 프레임 사이에 CAS(주)에서 제작한 1ton 용량의 하중변환기를 부착하여 볼트의 직선운동에 의해 텐션바퀴에 전달되는 압축력으로부터 측정하였다. 그림 9에 궤도장력 측정장치를 나타내었다.

(2) 슬립 측정

견인력 실험시 차량의 슬립은 시험차량의 이론주행거리와 실제 주행거리를 측정함으로써 구하였다. 이론 주행거리는 스프로켓 구동축에 로터리엔코더를 설치하여 측정하였고, 로터리엔코더는 구동축과 로터리엔코더와의 회전편심에 의한 손상을 방지하기 위해 스프로켓 구동축을 가공한 후 연성커플링(flexible coupling)을 통해 연결하였다. 로터리엔코더는 구동축이 1회전할 때마다 360개의 펄스를 출력하는 일본 NEMICON사의 OEW-036-2M을 사용하였고, 로터리엔코더의 펄스는 24bit의 분해능과 4채널의 multi-mode counter를 내장한 여의자동화사의 YS7400을 사용하여 측정하였다. 그림 10은 이론

Table 3 Specifications of test vehicle and load vehicle

Item	Specification	
	SCC50D	L2203-4WD
Model	SCC50D	L2203-4WD
Vehicle Length (mm)	1,980	2,850
Vehicle Width (mm)	1,085	1,235
Vehicle Height (mm)	1,125	1,970
Track Length (mm)	750	
Track Width (mm)	200	
Front Tire Size (mm)		7-14-4PR
Rear Tire Size (mm)		11.2-24-4PR
Roadwheel Number (EA)	4	
Maximum Engine Power (PS /rpm)	7.0/2,000	22/2,600
Vehicle Weight (kg)	290	1,200

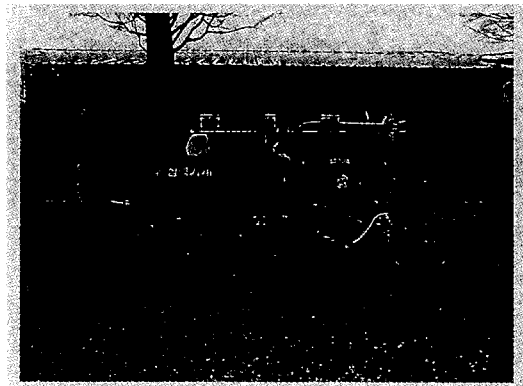


Fig. 7 View of test vehicle.



Fig. 8 View of load vehicle.

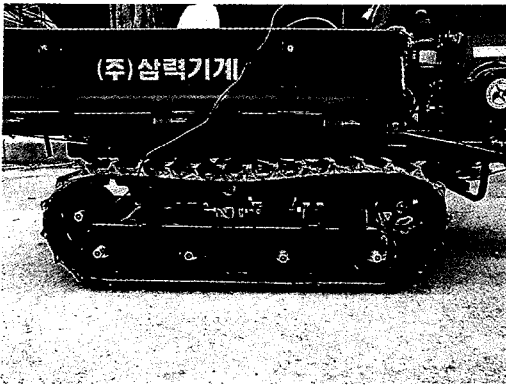


Fig. 9 View of track tension measuring device.

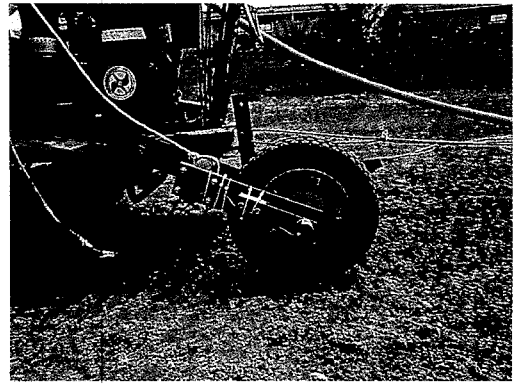


Fig. 11 5th wheel for measuring the real travel distance.

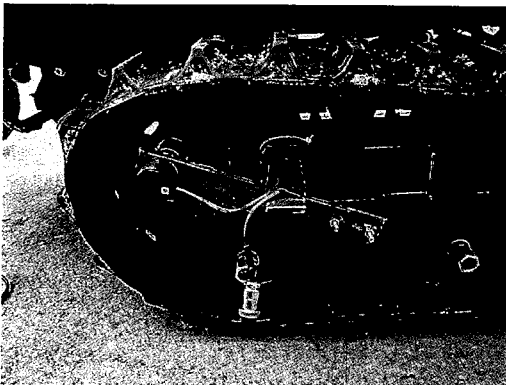


Fig. 10 Devices for measuring the theoretical travel distance.

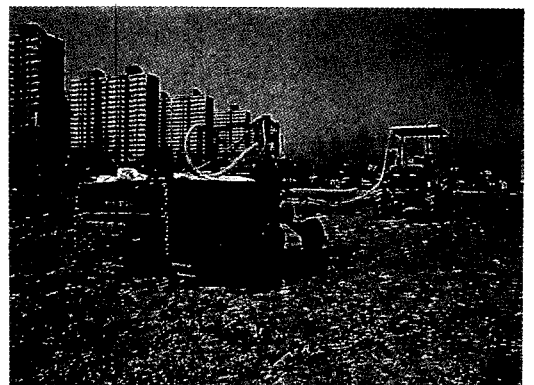


Fig. 12 Scheme of Drawbar pull test.

주행거리 측정을 위한 장치의 구성을 보여주고 있다.

시험차량의 실제 주행거리는 시험차량의 후부에 5륜(fifth wheel)을 장착하여 5륜의 주행거리로부터 측정하였다. 5륜은 이론주행거리의 측정장치와 같은 방법으로 5륜의 축에 로타리엔코더를 부착하였고, 로타리엔코더는 축이 1회전할 때마다 1,024개의 펄스를 출력하는 일본 NEMICON사의 OEW-1024-2M를 사용하였다. 그림 11에 실제 주행거리 측정을 위해 사용된 5륜을 나타내었다.

(3) 견인력 측정

견인력 측정은 시험차량과 하중차량의 견인고리

에 강선(wire rope)을 연결한 후 그 사이에 CAS(주)에서 제작한 1ton 용량의 하중변환기를 부착하여 하중변환기에 나타나는 인장력으로부터 측정하였다. 한편, 견인력 실험은 견인력과 슬립의 관계를 구하기 위하여 하중차량을 중립에 놓은 상태에서 제동력을 일정한 수준으로 단계적으로 변화시켜 가며 그때 시험차량의 구동력에 의해 하중변환기에 나타난 시험차량의 슬립과 견인력을 측정하여 슬립에 따른 견인력을 측정하였다. 그림 12에 실제 견인력 실험 장면을 나타내었고, 그림 13에 견인력 측정을 위해 제작한 측정장치들로 구성된 데이터 수집장치의 주요 흐름도를 나타내었다.

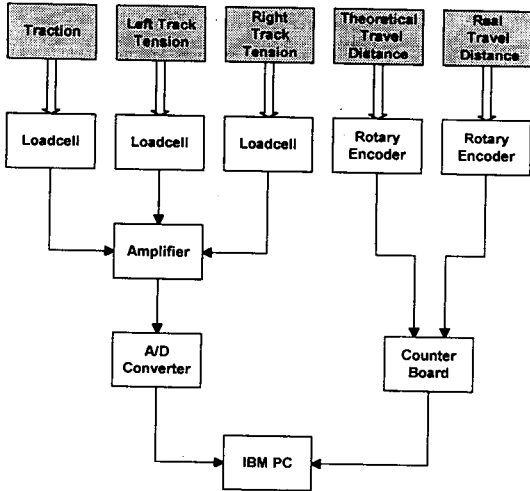


Fig. 13 Block diagram of data acquisition system for traction test.

라. 실험방법

견인성능 예측 모델의 유효성을 검증하기 위해, 실험목적을 위해 개조된 궤도형 차량을 이용하여 수분 함량이 18.92%인 양토(loam)에서 견인력 실험을 수행하였다. 견인력 실험은 초기장력 0.49kN, 전륜 수 4개, 차량무게 5.39kN의 설계변수를 갖는 기준차량(reference vehicle)과 기준차량에 대해, 초기장력을 0.98kN, 전륜수를 3개, 차량무게를 4.606kN으로 각각 하나의 변수만을 변화시킨 세 경우의 다른 조건을 갖는 차량(vehicle II~IV)을 이용하여 수행하였다 (Table 4). 위의 세 가지 변수중, 차량무게는 궤도형 차량의 적재함에 모래주머니를 적재함으로써 변화를 주었고, 전륜 수는 전륜을 부착하는 고정판에 구멍을 뚫어 전륜 수를 조절하였다. 한편, 견인력 실험 결과는 모델에 의해 예측된 결과와 비교하였다.

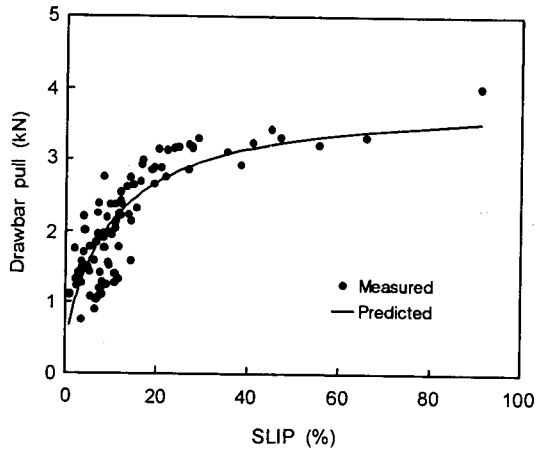


Fig. 14 Predicted and measured drawbar pulls with slip for reference vehicle.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서 개발한 견인성능 예측 모델의 유효성을 검증하기 위해, 견인력 실험결과를 모델에 의해 예측된 결과와 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

그림 14~17은 기준차량, 차량 II, 차량 III 및 차량 IV에 대해 슬립에 변화에 따라 측정된 견인력과 예측된 견인력의 결과를 나타내고 있다. 각각의 그림에서 볼 수 있듯이, 4가지 차량조건 모두에 대해, 슬립에 변화에 따라 예측된 견인력은 전체 슬립구간에 걸쳐 측정된 견인력과 거의 유사한 경향을 나타내었고, 각각의 슬립에서 예측된 견인력은 4가지 차량조건 모두에 대해 측정된 견인력과 잘 일치하는 것으로 나타났다.

그림 18~21은 4가지 차량조건에 대한 예측치와 측정치간의 상관관계를 나타낸 결과로서, 결정계수

Table 4 Design conditions of vehicles for traction test

Vehicle	Initial track tension	Vehicle weight	Roadwheel number	Different to reference
Reference vehicle	0.49 kN	5.39 kN	4	-
Vehicle II	0.98 kN	5.39 kN	4	Initial track tension
Vehicle III	0.49 kN	5.39 kN	3	Roadwheel number
Vehicle IV	0.49 kN	4.61 kN	4	Vehicle weight

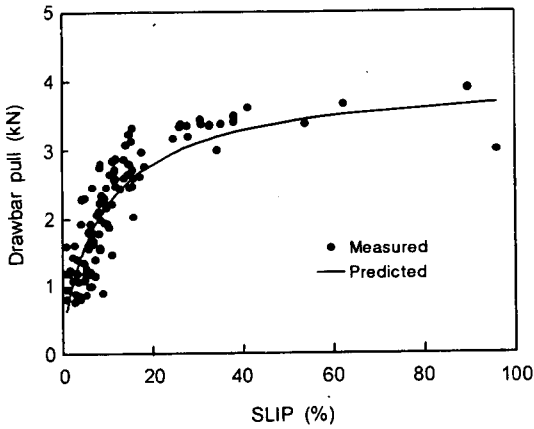


Fig. 15 Predicted and measured drawbar pulls with slip for vehicle II.

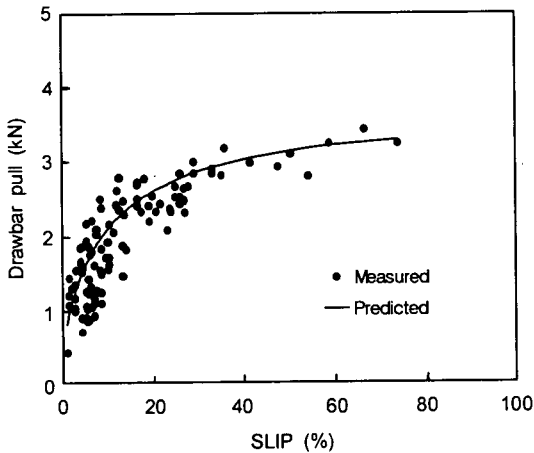


Fig. 16 Predicted and measured drawbar pulls with slip for vehicle III.

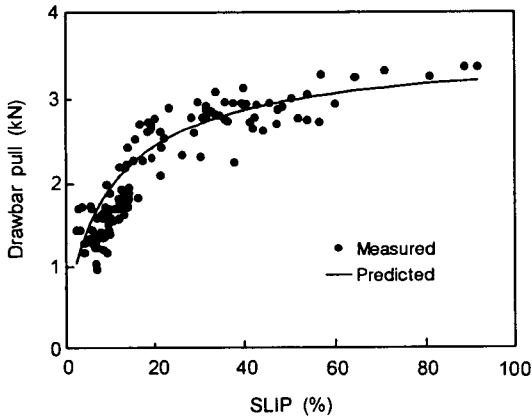


Fig. 17 Predicted and measured drawbar pulls with slip for vehicle IV.

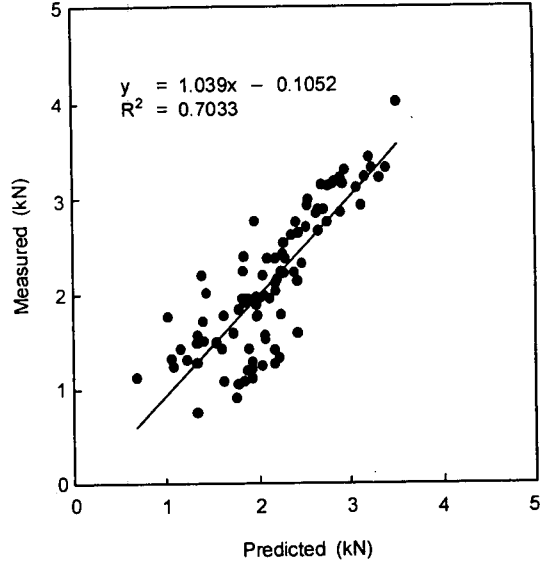


Fig. 18 Comparisons of measured and predicted drawbar pulls for reference vehicle.

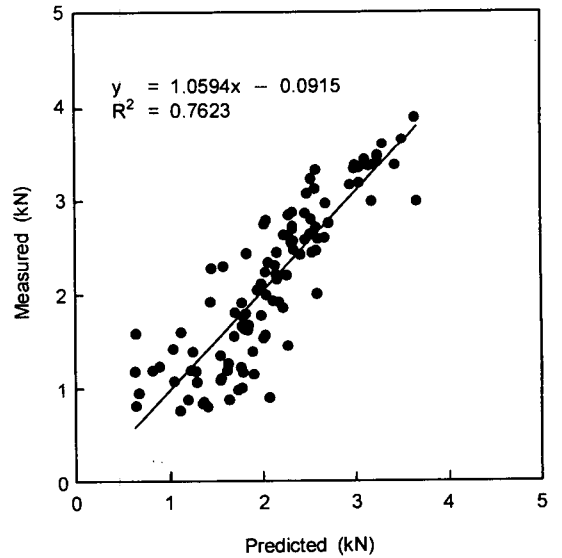


Fig. 19 Comparisons of measured and predicted drawbar pulls for tracked vehicle II.

(R²)는 각각 0.7033, 0.7623, 0.7362, 0.8341이고, 회귀 계수는 각각 1.039, 1.0594, 0.9958, 1.1533으로 나타나 4가지 차량조건에 대한 견인력 예측결과는 측정

치와 잘 일치하는 것으로 나타났다. 그림 14~21의 결과로부터, 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램 TPPMTV 98은 주어진 토양 상태에서 궤도형 차량의 견인력을 잘 예측할 수 있는 것으로 나타났다.

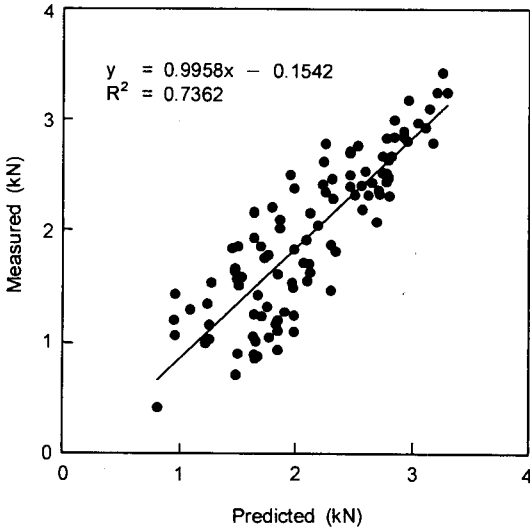


Fig. 20 Comparisons of measured and predicted drawbar pulls for tracked vehicle III.

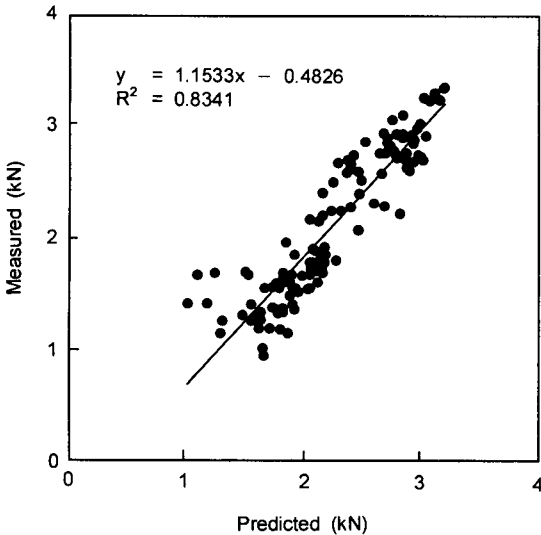


Fig. 21 Comparisons of measured and predicted drawbar pulls for tracked vehicle IV.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 토양특성과 궤도형 차량의 주요 설계변수를 고려하여 개발한 연성 궤도형 차량의 견인성능 예측 모델(한국농업기계학회지 제 23권 3호 참조)의 적용가능성을 평가하기 위해, 실제 토양에서 궤도형 차량의 견인성능에 영향을 미치는 주요 설계변수인 궤도형 차량의 무게, 초기 궤도장력, 전륜 수 등의 변화에 따른 견인력 실험을 수행하였고, 견인력 실험결과는 개발된 모델에 의해 예측된 결과와 비교함으로써 모델의 유효성을 실험적으로 검증하였으며, 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

4가지 차량조건 모두에 대해, 모델을 이용하여 슬립의 변화에 따라 예측된 견인력은 전체 슬립구간에 걸쳐 측정된 견인력과 유사한 경향을 나타내었다. 한편, 각각의 차량에 대한 예측치와 측정치간의 회귀계수는 각각 1.039, 1.0594, 0.9958, 1.1533으로 나타나 견인력 예측결과는 4가지 차량조건 모두 측정치와 잘 일치하는 것으로 나타났다. 위의 결과로부터 견인성능 예측 모델은 주어진 토양조건에서 다양한 설계조건을 갖는 궤도형 차량의 견인력을 잘 예측할 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서 개발한 시뮬레이션 프로그램 TPPMTV98은 궤도형 차량의 성능 예측뿐만 아니라 성능 향상을 위한 설계에도 매우 유용하게 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 박원엽, 이규승. 1998. "연성 궤도형 차량의 견인성능 예측 모델 개발" 한국농업기계학회지 23(3):219-228.
2. Bekker, M. G. 1956. "Theory of land locomotion." University of Michigan Press.
3. Okello, J. A. 1994. "Prediction and experimental validation of the field tractive performance of a rubber track unit." Journal of Agricultural Engineering Research 59(2):163-171.
4. Park, W. Y. and K. S. Lee. 1998. "Prediction of Tractive Performane of Tracked Vehicles using a Computer Simulation Model". Proc. of the ISTVS

- Asia-Pacific Regional Conference, pp. 401-409, Seoul, Korea, Oct.
5. Reece, A. R. 1964. "The effect of grousers on off-the-road vehicle performance", *Journal of Agricultural Engineering Research* 9(4):360-371.
 6. Wong, J. Y., M. Garber and J. Preston-Thomas. 1984. "Theoretical prediction and experimental substantiation of the ground pressure distribution and tractive performance of tracked vehicles." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*. 198(15):265-285.
 7. Wong, J. Y. 1989. "Terramechanics and off-road vehicles." Elsevier Publishers.