

구동륜 슬립이 견인성능에 미치는 영향 Effect of Slip on Tractive Performance of Driving Wheel

박 원 엽*, 이 규 승*
Wonyeop Park, Kyouseung Lee

ABSTRACT

When a vehicle is operated over soft terrain, torque(or soil thrust) applied to driving wheel brings about shear displacement for soil due to compression and shear failure of soil under tire. This shear displacement give rise to slip and a additional sinkage due to slip. This additional sinkage is usually referred to as slip-sinkage. The slip-sinkage is affected by soil conditions and inflation pressure of tire. This slip-sinkage influence tractive performance on driving wheel. We conducted the experimental study for investigating the effect of slip on sinkage and tractive performance of driving wheel, such as motion resistance, thrust and drawbar pull. The experiment was carried out over three different soil conditions(soft, hard and very hard soil) for a tire with three levels of inflation pressure(120kPa, 240kPa and 360kPa). The results of this study show qualitatively slip-sinkage characteristics and slip-tractive performance relationships of driving wheel with soil conditions and inflation pressure of tire.

주요기술용어 : Soft terrain(연약지), Slip-sinkage(슬립-침하), Tractive performance(견인성능), Shear displacement(전단변위), Soil bin system(인공토조시스템)

1. 서 론

로외(off road), 특히 연약지(soft terrain)에서 차량이 주행할 경우 구동륜(driving wheel) 아래 토양-휠의 접지부에서는 토양의 압축과 전단파괴 현상에 의해 수직응력과 전단응력이 나타나며 차량의 주행에 필요한 추진력(soil thrust or gross traction)을 발생시킨다.^{1,2)} 이러한 추진력은 차량의 주행에 필요한 운동저항(motion resistance)을 극복하기 위해 일부가 소모되고, 나머지는 차량의 가속 및 경사지 등판 또는 작업을 수행하기 위

한 견인력(drawbar pull or net traction)으로 나타난다. 일반적으로 연약지에서의 추진력 증가는 구동륜 아래 토양에 대해 전단변위의 증가를 초래하여 슬립도 함께 증가시키게 되는데 이러한 슬립의 증가는 차량이 정적 하중상태에 있을 때에 비해 더욱 큰 침하를 발생시킨다. 이와 같이 슬립이 증가함에 따라 추가적으로 발생하는 침하 현상을 슬립-침하(slip-sinkage)라 하며, 슬립-침하는 차량이 정적인 상태나 저슬립 상태에 있을 때에 비해 운동저항을 증가시켜 차량의 견인성능에 영향을 미치게 된다.³⁻⁵⁾

Reece⁶⁾는 점토, 건조사토, 습윤사토 등 세 가지

* 회원, 성균관대학교 바이오메카트로닉스학과

토양조건에서 전단판을 이용하여 전단변위에 따른 침하량을 측정하여 전단변위가 증가함에 따라 침하량도 함께 증가한다는 것을 실험적으로 조사하였다. 또한, Wong³⁾은 전단링시험(shear ring test)을 통해 슬립상태에서의 전체 침하는 정적 하중하에서의 침하와 슬립에 따른 추가적인 침하의 합으로 나타내야 하고, 차량의 견인성능을 정확하게 예측하기 위해서는 주행장치의 슬립-침하를 고려해야 한다고 보고하였다.

한편 박⁴⁾은 토양물리성 측정장치인 베바메타(bevameter)를 이용하여 토양의 슬립-침하 특성을 경험적으로 유도하여 슬립-침하 효과를 고려한 휠형차량(off-road wheeled vehicle)의 견인성능 예측 모델을 개발하였고, 모델에 의해 예측된 슬립-견인력 결과를 실제 토양에서 농용 트랙터를 이용하여 측정한 슬립-견인력 결과와 비교함으로써 모델의 타당성을 입증하였다. 그러나 예측치와 측정치의 비교는 단지 슬립-견인력 관계만을 비교 대상으로 하였고, 로외차량(off road vehicle)의 다른 성능 요소인 추진력, 운동저항 등은 고려하지 않았다.

따라서 로외, 특히 연약지에서 주로 운용되고 있는 건설기계, 농용차량, 군용차량 등과 같은 로외차량의 견인성능을 보다 정확하게 평가하고 예측하기 위해서는 구동륜의 연약지 운동특성 즉, 구동륜의 슬립에 따른 구동륜의 침하, 운동저항, 추진력, 견인력 등과 같은 슬립-견인성능 관계가 규명되어야 한다.

따라서 본 연구는 연약지에서 구동륜의 슬립이 견인성능에 미치는 영향을 구명하기 위하여 구동륜의 슬립-침하특성과 구동륜의 슬립에 따른 추진력, 운동저항 및 견인력 관계를 실험적으로 조사하기 위해 수행되었다.

2. 실험장치 및 실험방법

2.1 실험장치

2.1.1 인공토조시스템

일반포장에서는 같은 지역내에서도 토양의

상태가 다르고, 동일 실험의 재현 불가능, 그리고 날씨 및 기타 외적 요인에 의해 많은 영향을 받게 된다. 따라서 본 연구에서는 다양한 조건에서 구동륜의 견인성능 실험을 수행하고 신뢰성 있는 측정자료를 얻기 위하여 인공토조시스템(soil bin system)에서 실험을 수행하였다.

인공토조시스템⁷⁾은 토양조 및 레일시스템, 대차구동시스템, 작업대차, 토양가공대차 등으로 구성되었다. 토양조는 길이 12m, 폭 1m, 높이 0.7 m로서 필요에 따라 토양의 수분함량을 조절할 수 있도록 배수시설이 되어 있으며, 토양가공대차는 토양의 물리적 상태가 실험목적에 적합하도록 실험과 실험사이에 토양을 가공하는 대차로서 토양가공에 필요한 로타리틸러(rotary tiller), 표면다짐롤러(surface compaction roller), 균평기(grader) 등을 포함하고 있다.(Fig. 1) 또한 작업대차는 타이어를 부착할 수 있는 차륜프레임과 자료의 측정 및 수집을 위한 자료수집 시스템이 구성되어 있다.(Fig. 2)

2.1.2 타이어 구동 시스템

구동륜의 성능 실험에 사용된 타이어는 국내 H사에서 생산되는 6.00 R14 LT인 타이어를 사용하였다. 타이어는 인공토조시스템의 측정대차에 장착된 차륜프레임에 부착되어 차륜프레임에 설치되어 있는 8마력 유압모터에 의해 구동된

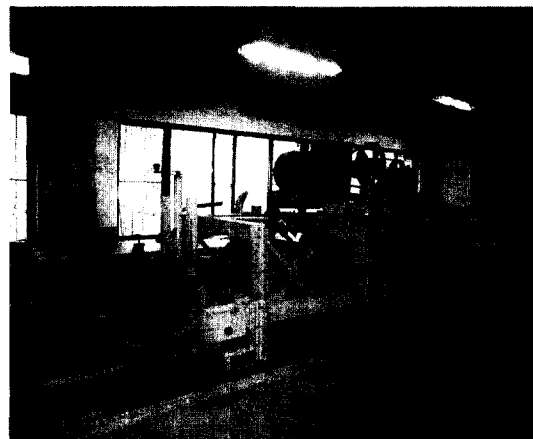


Fig. 1 View of soil processing carriage

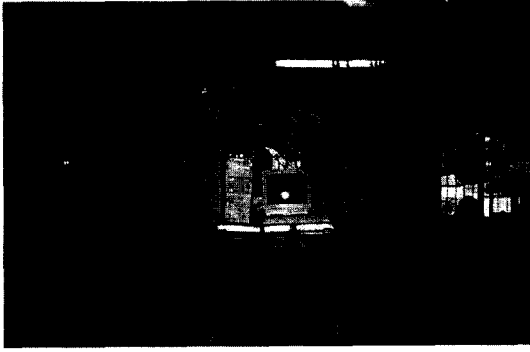


Fig. 2 Overall view of tire driving system

다. 타이어가 장착된 차륜프레임은 웜기어와 미끄럼 베어링에 의해 좌·우 및 상·하 방향으로 자유로이 이동할 수 있도록 구성되었다.

한편, 타이어의 구동축에는 four-element full bridge type의 스트레인게이지를 부착하여 구동륜의 토크를 측정하였다. 또한 구동륜의 슬립을 측정하기 위하여 타이어의 구동축에 로타리 엔코더를 부착하여 구동륜의 이론속도를 측정하였고, 측정대차의 후부에는 5륜(fifth wheel)을 장착하여 구동륜의 실제속도를 측정하였다.

구동륜의 침하는 측정대차 프레임에 랙기어(rack gear)를 장착하고, 측정대차에 부착되어 상·하 및 좌·우로 자유롭게 이동할 수 있는 차륜프레임에 로타리엔코더를 부착하여 로타리엔코더의 펄스신호로부터 측정하였다. Fig. 2는 타이어 구동장치와 5륜 및 자료수집장치가 구성된 타이어 구동시스템의 전체 모습을 나타내고 있다.

2.2 실험방법

본 실험에서는 토양상태와 타이어공기압의 변화가 구동륜의 슬립-침하 특성과 견인성능에 미치는 영향을 조사하기 위하여 강도가 다른 세 가지 토양상태와 세 수준의 타이어공기압 조건에 대해서 구동륜의 견인성능을 측정하였다.

2.2.1 토양가공

구동륜의 견인성능 실험이 수행된 인공토조내의 실험토양은 미농무성법(USDA) 분류로 사

양토(sandy loam)로서 인공토조시스템의 토양가공대차를 이용하여 강도가 다른 세 종류의 토양상태(토양 I, 토양 II, 토양 III)로 가공하였다.

토양 I은 2회의 로타리 작업으로 토양을 완전히 파쇄한 후 균평기로 균평작업을 1회 실시하여 연약한 토양(soft soil)으로 가공하였다. 토양 II와 토양 III은 로타리와 균평작업은 토양 I과 동일하게 수행한 후, 표면다짐롤러로 토양다짐작업을 각각 2회 및 4회 실시하여 토양 I에 비해 토양의 강도가 높도록 가공하였다. 즉, 토양 II는 단단한 토양(hard soil), 그리고 토양 III은 토양 II에 비해 토양의 강도가 상대적으로 높은 매우 단단한 토양(very hard soil)으로 가공하였다.

2.2.2 실험토양의 물리성 측정

실험토양의 물리성은 토양가공이 끝난 후 구동륜의 견인성능 실험을 수행하기 직전에 토양의 겉보기밀도(bulk density), 점착력(cohesion), 내부마찰각(angle of internal resistance), 원추지수(cone index) 등을 측정하였다. 겉보기밀도는 100cc 용량의 토양채취관을 이용하여 인공토조내의 임의의 5곳에서 토양샘플을 채취하여 구하였고, 토양의 점착력, 내부마찰각, 원추지수는 SR-2형 토양 경도측정기를 사용하여 토조내의 임의의 5곳을 선정하여 측정하였다. 한편 원추지수는 0~15cm 사이의 토양 깊이에서 5cm 간격으로 측정하였다. Table 1에 세 가지 토양에서 측정된 토양의 물리적 특성을 나타내었다.

Table 1 Physical properties of experimental soil

Soil parameters	Soil types		
	Soil I	Soil II	Soil III
Cone index(CI), kPa	136	422	663
Cohesion, kPa	3.15	9.87	11.04
Angle of internal resistance(ψ), degree	30.05	33.75	35.35
Bulk density(ρ), g/cm ³	1.45	1.52	1.55

Table 2 Experimental conditions for tractive performance test

Soil conditions	soil I (soft)
	soil II (hard)
	soil III (very hard)
Inflation pressure	120kPa, 240kPa, 360kPa
Slip range	0 ~ 80 %
Axle load	2.45kN

2.2.3 구동륜의 견인성능 측정

구동륜의 견인성능 실험은 전술한 세가지 토양상태(토양 I, 토양 II, 토양 III) 각각에 대해서 타이어의 공기압을 각각 120kPa, 240kPa, 360kPa의 세 수준으로 변화시켜 수행하였다.

또한, 구동륜의 슬립은 0~80% 범위로 조정하였고, 구동륜에 작용하는 축하중은 2.45kN으로 선정하였다.(Table 2)

측정한 견인성능 변수로는 구동륜의 슬립-침하관계와 슬립에 따른 운동저항, 추진력, 견인력 등을 측정하였다. 구동륜의 슬립-추진력 관계는 구동축 토크를 측정하는 후 토크와 구동륜의 회전반경의 비로 결정하였고, 견인력은 구동륜과 토양가공대차 사이에 강선을 연결하여 그 사이에 하중변환기를 부착한 후 구동륜을 구동하였을 때 하중변환기에 나타나는 인장력을 측정하여 구하였다. 또한 구동륜의 운동저항은 추진력과 견인력의 차로써 결정하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 구동륜의 슬립-침하 관계

Fig. 3은 토양조건과 공기압에 변화를 주어 측정한 슬립-침하 관계의 일반적 경향으로서 구동륜의 침하량은 세 경우 모두 슬립이 증가함에 따라 매우 크게 증가하였다. 그러나 슬립에 따른 구동륜의 침하 경향은 토양조건과 공기압에 따라 다르게 나타났다. 이러한 결과로부터 구동륜의 슬립-침하 관계는 토양조건과 타이어의 공기압을 고려한 비교, 분석이 필요한 것으로 나타났다.

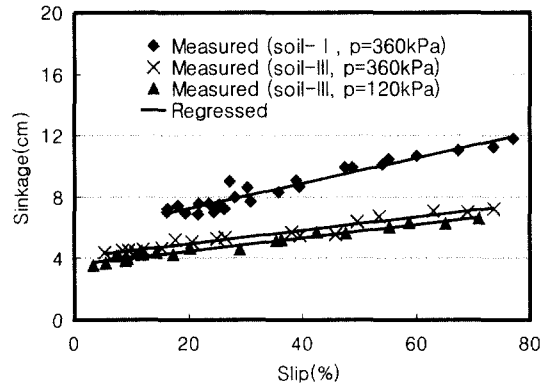


Fig. 3 Slip-sinkage data measured for various inflation pressures and soil conditions

한편, 토양조건과 공기압의 변화에 따른 슬립-침하 관계는 Fig. 3의 세 경우 모두 슬립이 증가함에 따라 구동륜의 침하량이 선형적으로 증가하는 경향을 나타내었다.

따라서 본 연구에서는 토양조건과 공기압의 변화에 대해 구동륜의 슬립이 침하에 미치는 영향을 분석하는데 있어 측정치의 1차 회귀방정식으로부터 유도된 결과를 이용하였다.(Table 3)

Fig. 4와 Fig. 5는 각각 토양 I과 토양 III에서 공기압 조건(120kPa, 240kPa, 360kPa)에 따른 구동

Table 3 Regressed equations and determination coefficients of slip-sinkage curves

Experimental conditions		Regressed equation	R ²
Soil conditions	Inflation pressure		
soil-I	120kPa	y=0.0769x+4.9878	0.7347
	240kPa	y=0.0728x+5.5575	0.9725
	360kPa	y=0.0817x+5.6528	0.9341
soil-II	120kPa	y=0.0487x+3.6961	0.9578
	240kPa	y=0.0459x+3.9738	0.9583
	360kPa	y=0.0497x+4.3540	0.9491
soil-III	120kPa	y=0.0428x+3.6300	0.9709
	240kPa	y=0.0433x+3.8037	0.9590
	360kPa	y=0.0442x+4.0566	0.9543

륜의 슬립-침하 관계를 나타낸 결과이다.

Fig. 4에서 슬립 0%일 때 세 수준의 공기압에 대한 침하량은 각각 5.0cm, 5.6cm, 5.7cm이고, 슬립 75%일 때는 각각 10.8cm, 11.0cm, 11.8cm로서 슬립이 증가함에 따라 구동륜의 침하도 함께 증가하였고, 공기압이 높을수록 전체 슬립 구간에서 침하량이 크게 나타났다. 또한, 슬립이 0%에서 75%로 증가했을 때 세 공기압 수준에 대한 침하량의 증가량은 각각 5.8cm, 5.4cm, 6.1cm로서 큰 차이를 나타내지 않았다. 즉, 슬립의 증가에 따른 침하량의 증가경향(회귀계수)은 세 수준의 공기압에 대해 각각 0.0769, 0.0728, 0.0817(Table 3)로서 슬립의 증가에 따른 침하량의 증가경향은 세 가지 공기압에 대해 거의 유사한 경향을 나타내었다.

한편, Fig. 5(토양 III)의 결과는 Fig. 4의 결과와 마찬가지로 공기압이 클수록 전체 슬립구간에서 침하량이 크게 나타났고, 슬립-침하관계의 회귀계수는 세 수준의 공기압에 대해 각각 0.0428, 0.0433, 0.0442로서 토양 I의 경우와 마찬가지로 공기압의 변화에 대해 거의 차이를 나타내지 않았다. 그러나 두 토양상태에서 공기압에 따른 슬립-침하관계의 회귀계수는 토양 I의 경우에는 0.0728~0.0817, 토양 III의 경우에는 0.0428~0.0442의 범위로서 토양 I의 경우가 토양 III에 비해 기울기가 현저히 크게 나타났다. 한편, 두 토양에서

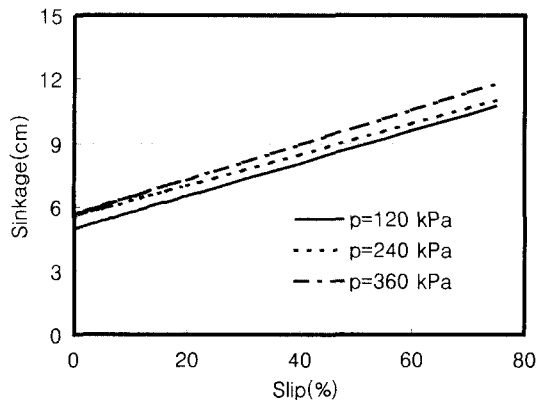


Fig. 4 Slip-sinkage relationships for various tire inflation pressure over soil I

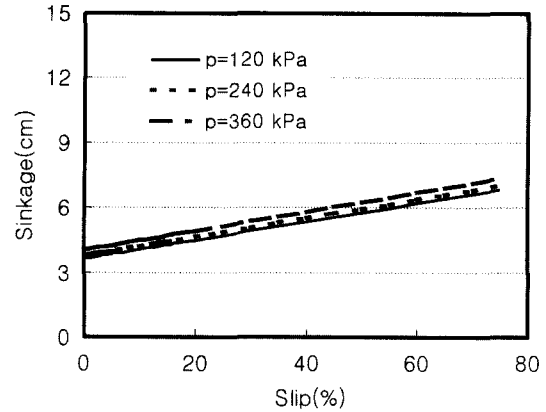


Fig. 5 Slip-sinkage relationships for various tire inflation pressure over soil III

공기압에 따른 침하량의 차이는 토양 I의 경우가 토양 III에 비해 크게 나타났다.

Fig. 6과 Fig. 7은 각각 120kPa과 360kPa의 일정 공기압 조건에서 토양상태(토양 I, 토양 II, 토양 III)에 따른 구동륜의 슬립-침하 관계를 나타낸 결과로서 토양상태에 따른 슬립-침하관계는 슬립이 증가함에 따라 구동륜의 침하량도 증가하였고, 토양이 연약할수록 전체 슬립구간에서 침하량이 크게 나타났다.

한편, 토양상태에 따른 슬립-침하관계의 회귀계수값은 두 공기압 조건에서 모두 토양 I, 토양 II, 토양 III의 순서로서 토양이 연약할수록 슬립에 따른 추가적인 침하효과가 큰 것으로 나타났다.

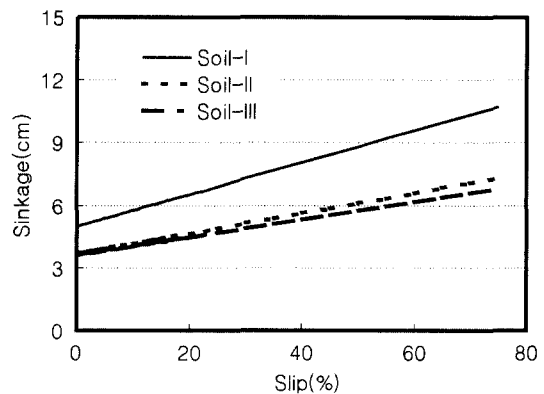


Fig. 6 Slip-sinkage relationships for various soil conditions under inflation pressure of 120kPa

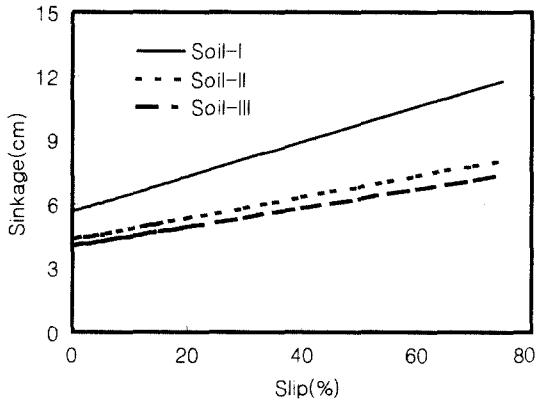


Fig. 7 Slip-sinkage relationships for various soil conditions under inflation pressure of 360kPa

Fig. 4~Fig. 7의 결과로부터 슬립의 증가는 토양상태와 공기압 수준에 관계없이 모두 구동륜의 침하량을 증가시키고, 슬립의 증가에 따른 구동륜의 추가적인 침하량은 토양이 연약할수록 큰 것으로 판단된다. 또한 공기압 수준에 따른 침하량은 공기압이 높은 경우가 전체 슬립구간에 걸쳐 침하량이 크고, 공기압에 따른 침하량의 차이는 토양이 연약할수록 크게 나타나 공기압 감소에 의한 침하의 감소 효과는 연약한 토양에서 그 효과가 클 것으로 판단된다.

3.2 구동륜의 슬립-운동저항 관계

토양상태와 공기압에 따른 슬립-운동저항계수(motion resistance coefficient)의 비교는 전술한 슬립-침하의 비교와 마찬가지로 슬립-운동저항계수 측정치의 1차 회귀방정식으로부터 유도된 결과를 이용하였다.

Fig. 8은 토양 I에서 공기압에 따른 구동륜의 슬립-운동저항계수 관계로서 운동저항계수는 세 수준의 공기압에 대해 모두 슬립이 커질수록 증가하였다. 공기압에 따른 운동저항계수의 크기는 공기압이 높을수록 전체 슬립구간에서 운동저항계수의 값이 크게 나타났으나 슬립의 증가에 따른 운동저항계수의 증가경향은 세 가지 공기압 조건에 대해 거의 유사한 경향을 나타내었다.

한편, Fig. 9에서는 Fig. 8의 결과와 거의 유사

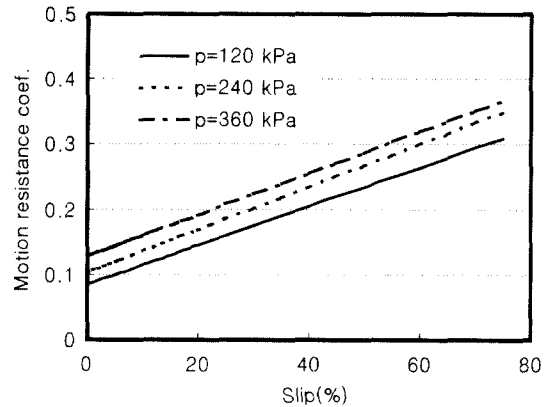


Fig. 8 Slip-motion resistance coefficient relationships for various tire inflation pressure over soil I

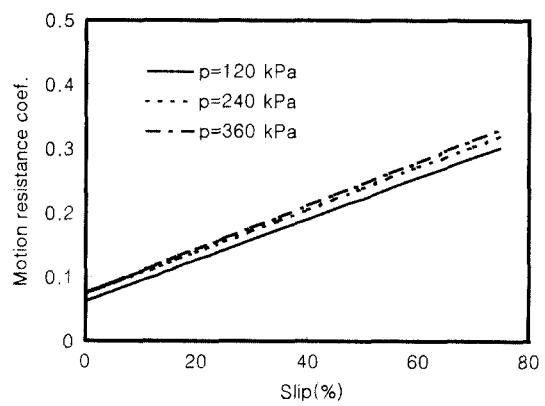


Fig. 9 Slip-motion resistance coefficient relationships for various tire inflation pressure over soil III

한 결과를 나타내었으나 공기압 수준에 따른 운동저항계수값의 차이는 전체 슬립구간에서 Fig. 8의 결과에 비해 작게 나타났다.

Fig. 10과 Fig. 11은 각각 120kPa과 360kPa의 일정 공기압 조건에서 토양상태에 따른 슬립-운동저항계수의 관계를 나타낸 결과로서 일정 공기압조건하에서 슬립의 증가에 따른 운동저항계수의 증가경향은 세 가지 토양상태에서 모두 유사한 기울기를 나타내었다. 그러나 토양상태에 따른 운동저항계수값의 차이는 공기압이 낮은 경우(120kPa)가 작게 나타났다.

이와 같이 슬립이 증가함에 따라 구동륜의 운동저항계수가 증가한 원인은 Fig. 4~Fig. 7에서

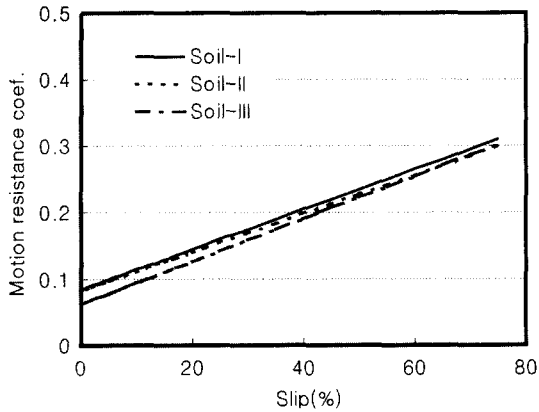


Fig. 10 Slip-motion resistance coefficient relationships for various soil conditions under constant tire inflation pressure of 120kPa

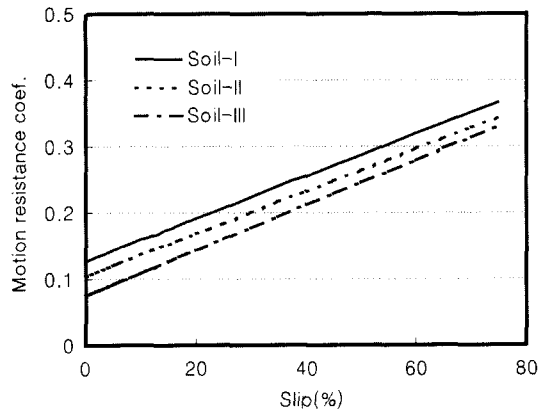


Fig. 11 Slip-motion resistance coefficient relationships for various soil conditions under constant tire inflation pressure of 360kPa

전술한 슬립-침하 효과 때문으로 판단된다. 즉, 슬립의 증가는 휠-토양 접지면에서 토양의 압축 및 전단파괴 현상에 의해 구동륜의 침하를 증가시키게 되는데 이러한 구동륜의 침하 증가가 운동저항계수의 증가를 초래한 것으로 판단된다.

Fig. 8 ~ Fig. 11의 결과로부터 구동륜의 슬립은 운동저항계수에 영향을 미치는 것으로 나타났고, 구동륜의 운동저항계수는 타이어공기압을 낮게 함으로서 감소시킬 수 있으며, 공기압의 변화에 의한 운동저항계수의 감소 효과는 연약한 토양에서 큰 것으로 판단된다.

3.3 구동륜의 슬립-추진력 관계

Fig. 12는 토양 II에서 240kPa의 공기압에 대해 측정된 슬립-추진력계수의 일반적인 관계를 나타낸 결과로서 추진력계수는 슬립이 증가함에 따라 지수곡선 형태로 증가하고, 전체 슬립구간에 걸쳐 어떤 일정한 경향을 보이는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 모든 토양조건과 공기압 조건에 대해서도 같은 경향을 나타내었다.

따라서 본 연구에서는 토양조건과 공기압의 변화에 따른 구동륜의 슬립-추진력 관계를 비교하기 위해 슬립-추진력계수의 측정치를 회귀방정식에 의해 모형화하여 분석하였다.

Fig. 13과 Fig. 14는 각각 토양 I과 토양 III에서

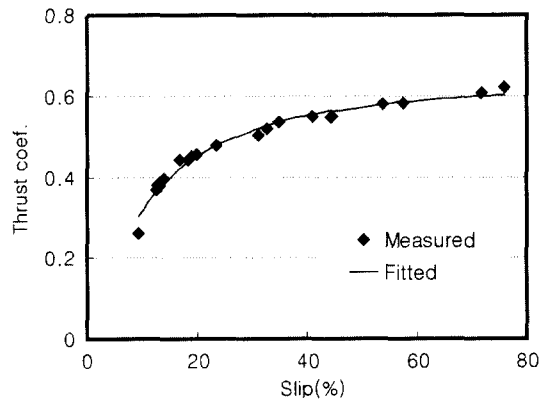


Fig. 12 Variation of thrust coefficient with slip for tire with inflation pressure of 240kPa over Soil II

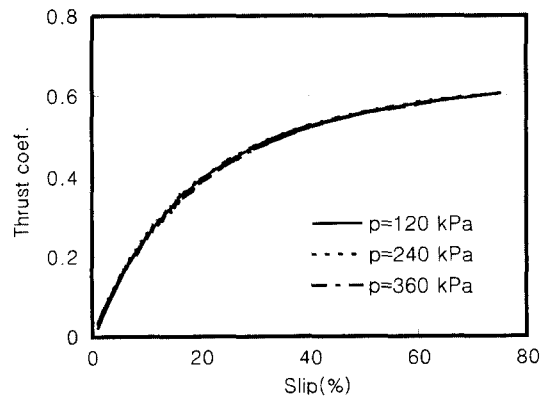


Fig. 13 Slip-thrust coefficient relationships for various tire inflation pressure over soil I

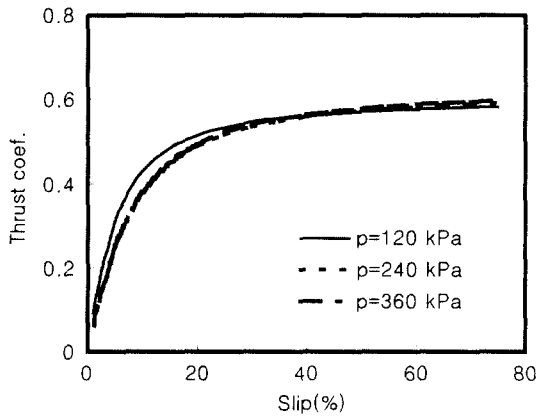


Fig. 14 Slip-thrust coefficient relationships for various tire inflation pressure over soil III

타이어공기압의 변화에 따른 슬립-추진력계수 관계로서 추진력계수는 슬립의 증가와 함께 증가하였고, 공기압에 따른 슬립-추진력관계는 두 토양상태에서 모두 전체 슬립 구간내에서 거의 유사한 경향을 나타내었다.

Fig. 15와 Fig. 16은 각각 120kPa과 360kPa의 일정 공기압 조건에서 토양상태에 따른 슬립-추진력계수의 관계를 보여주고 있다.

Fig. 15와 Fig. 16에 나타난 바와 같이 토양상태에 따른 슬립-추진력계수의 관계는 120kPa과 360 kPa의 일정 공기압 조건에 대해서 모두 전체 슬립 구간에 걸쳐 가장 단단한 토양인 토양 III에서

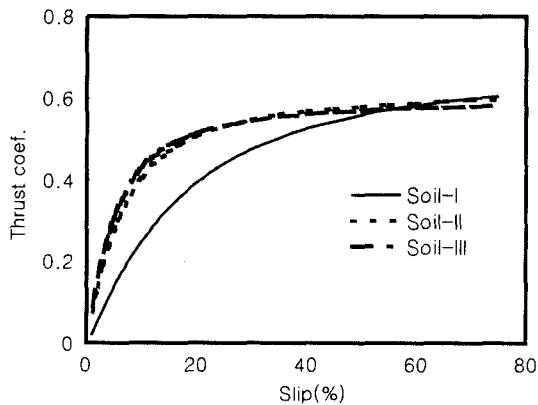


Fig. 15 Slip-thrust coefficient relationships for various soil conditions under constant tire inflation pressure of 120kPa

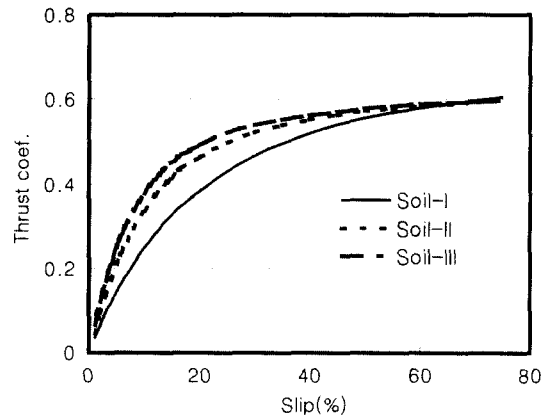


Fig. 16 Slip-thrust coefficient relationships for various soil conditions under constant tire inflation pressure of 360kPa

추진력계수가 가장 크게 나타났고, 그 다음으로는 토양 II, 토양 I의 순서로 나타났다.

Fig. 13~Fig. 16의 결과로부터 타이어의 공기압은 구동륜의 추진력에 거의 영향을 미치지 않지만, 토양상태는 구동륜의 추진력에 크게 영향을 미치고, 그 경향은 토양상태가 단단할수록 추진력이 높은 것으로 나타났다.

3.4 구동륜의 슬립-견인력 관계

Fig. 17과 Fig. 18은 각각 토양 I과 토양 III에서 공기압의 변화에 따른 슬립-견인계수 관계로서 슬립-견인계수의 관계는 두 토양상태에서 모두

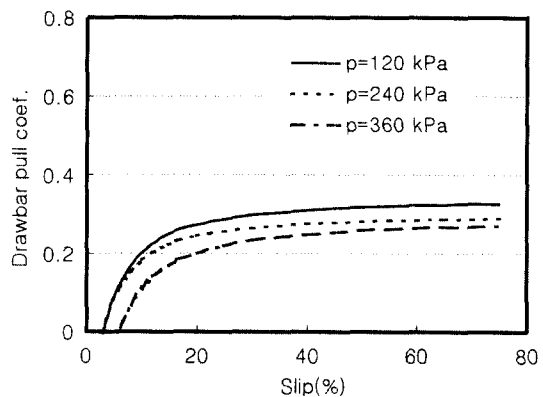


Fig. 17 Slip-drawbar pull coefficient relationships for various tire inflation pressure over soil I

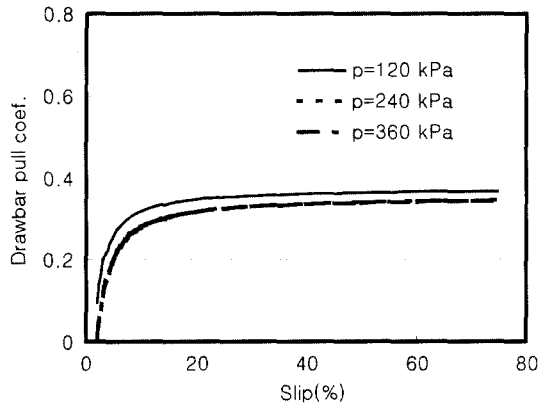


Fig. 18 Slip-drawbar pull coefficient relationships for various tire inflation pressure over soil III

전체 슬립구간에 걸쳐 공기압이 작을수록 크게 나타났다. 즉, 공기압에 따른 견인계수값의 크기는 120kPa, 240kPa, 360kPa의 순으로 나타났다. 이와 같이 공기압이 작을수록 견인계수가 크게 나타난 이유는 전술한 바와 같이 공기압에 따른 운동저항계수의 차이에 기인하는 것이다.

즉, 견인계수는 추진력계수와 운동저항계수의 차로 나타나는데, 추진력계수는 공기압 수준에 따라 거의 차이가 없지만 운동저항계수는 공기압이 낮을수록 작게 나타났기 때문이다.

한편, 공기압에 따른 견인계수값간의 차이는 Fig. 18의 경우가 Fig. 17의 결과에 비해 작게 나

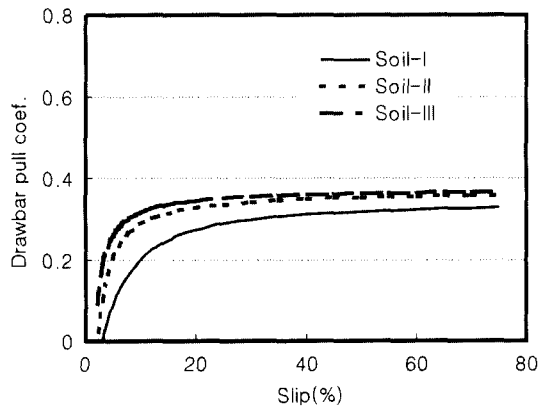


Fig. 19 Slip-drawbar pull coefficient relationships for various soil conditions under constant tire inflation pressure of 120kPa

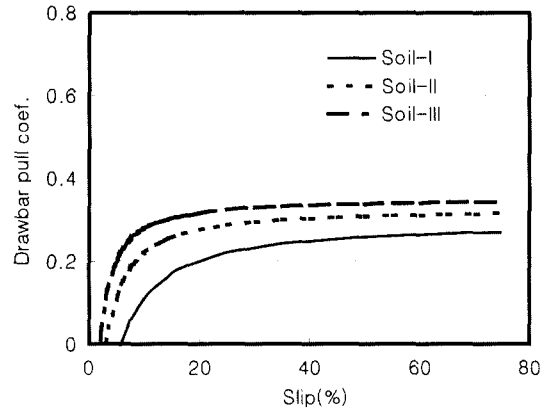


Fig. 20 Slip-drawbar pull coefficient relationships for various soil conditions under constant tire inflation pressure of 360kPa

타났다. 이와 같이 단단한 토양에서 공기압에 따른 견인계수값의 차가 작게 나타난 이유는 토양이 단단할수록 공기압에 따른 운동저항계수의 차가 작기 때문으로 판단된다.

Fig. 19와 Fig. 20은 타이어의 공기압이 각각 120 kPa과 360kPa일 때 세 가지 토양상태에서 측정된 슬립-견인계수 관계를 나타낸 결과로서 토양상태에 따른 슬립-견인계수 관계는 전체 슬립구간에 걸쳐 토양이 단단할수록 크게 나타났고, 토양강도에 따른 견인계수의 차이는 명확히 나타났다. 한편, 토양상태에 따른 견인계수값의 차이는 타이어의 공기압이 360kPa인 경우가 120kPa인 경우에 비해 크게 나타났다.

Fig. 17~Fig. 20의 결과로부터 타이어공기압과 토양상태는 모두 구동륜의 견인계수에 크게 영향을 미치고, 공기압이 낮을수록 그리고 토양이 단단할수록 견인계수가 높게 나타났다. 한편, 공기압이 견인계수에 미치는 효과는 토양이 연약할수록 크고, 토양강도가 견인계수에 미치는 영향은 공기압이 높을수록 크게 나타났다.

5. 결론

본 연구는 슬립이 구동륜의 견인성능에 미치는 영향을 조사하기 위하여 구동륜의 슬립-침하 특성과 슬립에 따른 구동륜의 추진력, 운동저항,

견인력의 관계를 실험적으로 조사하였다. 실험은 강도가 다른 세 가지 토양과 세 수준의 타이어 공기압에 대해 인공토조에서 수행되었다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 구동륜의 슬립-침하관계는 실험이 수행된 세 수준의 공기압과 토양상태에 대해 모두 선형적인 증가 경향을 나타내었다. 토양상태와 공기압의 변화에 따른 슬립-침하 경향은 일정 토양조건에서는 세 수준의 공기압에 대해서 유사한 경향을 보였으나 일정 공기압 조건에서는 토양상태가 연약할수록 슬립에 따른 침하량의 증가경향이 큰 것으로 나타났다.

2) 슬립-운동저항관계는 슬립-침하관계와 마찬가지로 세 수준의 공기압과 세 수준의 토양상태 모두에 대해 슬립이 증가함에 따라 선형적인 증가 경향을 나타내었고, 슬립에 따른 구동륜의 운동저항의 증가경향은 토양상태와 공기압의 변화에 대해 큰 차이를 보이지 않았다.

3) 타이어의 공기압은 구동륜의 추진력에 크게 영향을 미치지 않는 반면, 토양상태는 구동륜의 추진력에 크게 영향을 미치고, 그 경향은 토양이 단단할수록 추진력이 높은 것으로 나타났다.

4) 타이어의 공기압과 토양상태는 모두 구동륜의 견인계수에 크게 영향을 미치고, 공기압이 낮을수록 그리고 토양이 단단할수록 견인계수가 높은 것으로 나타났다. 한편, 공기압이 견인계수에 미치는 효과는 토양이 연약할수록 크고, 토

양강도가 견인계수에 미치는 영향은 타이어의 공기압이 높을수록 크게 나타났다.

후 기

본 연구는 2000년도 농림부 농림기술개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 1) 박원엽, 이규승, "그라우지에 의해 발생하는 케도의 측면추진력 예측," 한국농업기계학회지, 제25권 제1호, pp.1-10, 2000.
- 2) 박원엽, 이규승, "로외에서 운용되는 휠형차량의 견인성능 예측," 한국자동차공학회논문집, 제8권 제5호, pp.188-195, 2000.
- 3) J. Y. Wong, Theory of Ground Vehicles, John Wiley & Sons, 1993.
- 4) 박원엽, 이규승, "휠형차량의 연약지 견인성능 예측," 한국농업기계학회지, 제25권, 제5호, pp.359-368, 2000.
- 5) I. Shmulevich, U. Mussel, D. Wolf, "The Effect of Velocity on Rigid Wheel Performance," Journal of Terramechanics, Vol.35, No. 3, pp.189-207, 1998.
- 6) A. R. Reece, "Principles of Soil-Vehicle Mechanics," Proc. Institute of Mechanical Engineers, Vol. 180, Part 2A, 1966
- 7) 박원엽, 이규승, "타이어의 동하중, 공기압 및 통과횟수가 토양응력에 미치는 영향," 한국농업기계학회 동계학술대회논문집, pp.40-46, 2001.