

<논 문> SAE NO. 97370023

궤도의 초기 장력이 궤도 차량의 견인 성능에 미치는 영향

Effect of Initial Track Tension on the Tractive Performance of Tracked Vehicles

김 채 주*¹⁾, 김 경 욱**
C. J. Kim, K. U. Kim

ABSTRACT

A computer program was developed to simulate effect of the initial track tension on the tractive performance of tracked vehicles. The performance was evaluated in terms of drawbar pull, motion resistance, tractive coefficient and tractive efficiency. Results of the simulation showed that increase in track tension decreases the sinkage and mean maximum pressure in clay, making the ground pressure distribution more uniform. This tendency became more evident when the number of roadwheels increased. However, such change in MMPs was negligible in firm soils. Motion resistance was also decreased with increase in track tension and the number of roadwheels. Under weak soil conditions, tractive coefficient and efficiency increased generally as the track tension increased for a slip range of 10~30%. For slippage less than 3~4%, however, the tractive coefficient decreased with increase in track tension. In general, it was known that increasing track tension improves tractive performance in weak soil conditions. However, high track tension can reduce efficiency due to the increment of internal motion resistance caused by increased track tension.

주요기술용어 : Tracked Vehicle(궤도 차량), Track Tension(궤도 장력), Tractive Performance(견인 성능), Soil Thrust(토양 추진력)

1. 서 론

궤도형 차량의 주행 성능은 궤도 장치의 침하,

운동저항, 견인력, 견인효율 등 성능 변수로써 나타낼 수 있다. 이러한 성능 변수는 궤도의 접지압 분포에 따라 변화되며 또한, 접지압은 궤도의 초기 장력, 유연성, 전륜(轉輪) 반경, 궤도 피치에 대한 전륜 간격의 비(比) 등 궤도의 설계 조건과 토양 조건에 따라서 변화된다.

* 동양산업기계 중앙연구소

** 정회원, 서울대학교 농공학과 농업기계전공

궤도형 주행장치는 차륜형에 비하여 그 구조가 복잡하고 내부 및 외부 운동저항이 크기 때문에 에너지 효율면에서는 차륜형보다 불리하다. 그러나 궤도형 주행장치가 농업용 트랙터, 콤바인, 건설 중장비, 군사용 차량 등에 널리 채택되고 있는 이유는 지반이 연약하고 습한 토양에서도 주행 성능과 견인 성능이 우수하기 때문이다. 즉, 궤도는 접지 면적이 크기 때문에 접지압이 낮아 연약한 토양에서도 침하를 방지하고 운동저항을 줄여 견인력을 높일 수 있기 때문이다. 궤도의 장력은 이러한 접지압을 결정하는 주요한 변수 중의 하나이며, 운전 중에도 조정이 가능한 변수이다. 따라서, 토양 조건에 따라 장력을 적절히 조정함으로써 궤도 차량의 성능을 최대화할 수 있다.

궤도차량의 주행 성능에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 궤도의 접지압 분포이며, 이 접지압 분포는 차량, 토양, 운전 조건 등에 따라 변화된다. 본 연구에서는 궤도 차량의 주행 성능에 영향을 미치는 많은 변수 중에서 운전 환경에 따라 인위적으로 조정이 가능한 변수를 궤도의 장력으로 보고, 궤도의 접지압을 예측할 수 있는 수학적 모델을 이용하여 궤도 장력이 접지압에 미치는 영향을 이론적으로 구명하고, 궤도 차량의 주행 성능과 견인 성능을 개선하기 위한 방안을 찾고자 하였다. 토양 상태에 따른 궤도의 장력 조정은 궤도 차량의 견인 성능을 개선하기 위한 방안의 하나로서 검토될 수 있다. 이 때의 문제는 장력 조절을 위한 하드웨어의 개발보다는 토양에 따라 장력을 어떻게 조절할 것인가 하는 것이다. 본 연구는 이러한 문제에 관심을 두고 접근한 것이다.

2. 접지압 예측 모형

궤도의 접지압을 예측하기 위한 기본 모형은 Bekker¹⁾의 평판에 대한 하중-침하식 (1)을 이용하였다. 식 (1)에서 침하량 z 를 궤도의 침하 곡선 $z(x)$ 로 대체하면 하중 p 는 궤도의 접지압 $p(x)$ 를 나타낼수 있다.

$$p = \left(\frac{k_c}{b} + k_\phi \right) z^n \quad (1)$$

여기서, p = 평판에 작용하는 수직 하중
 b = 직사각형 평판의 단변 길이
 k_c = 점성에 의한 토양변형계수
 k_ϕ = 마찰에 의한 토양변형계수
 n = 토양변형지수

즉, 궤도와 지면의 접촉점 x 에서 궤도의 침하를 $z(x)$ 라고 하면 이 지점에서 궤도에 작용하는 접지압은 식 (2)와 같이 표현된다.

$$p(x) = \left(\frac{k_c}{b} + k_\phi \right) z(x)^n \quad (2)$$

궤도의 침하곡선 $z(x)$ 는 궤도의 접지선 형상을 정현파 곡선으로 가정하고, 궤도 곡선의 연속 조건, 궤도에 작용하는 힘의 평형 조건, 궤도 길이의 비변형성 조건을 고려하여 다음과 같은 연립 방정식을 유도하고 수치해석으로 그 해를 구하여 결정하였다.

$$\tan \xi = \frac{(R \cos \xi_c - R + z_w - z_i) \pi}{L - 2R \sin \xi_c} \quad (3)$$

$$T_{os} = \frac{H}{\cos \xi_c} \quad (4)$$

$$R_t = 2bH \tan \xi_c \quad (5)$$

$$2R_f + (N-1)(R_t + R_w) = \frac{W}{2} \quad (6)$$

$$\Delta L_{lower} = \Delta L_{rd} \quad (7)$$

여기서, R = 전륜의 반경
 z_w = 전륜의 최대 침하량
 ξ = 전륜과 궤도의 접촉각
 ξ_c = 궤도와 전륜의 접촉이 끝나는 경계점에서 전륜과 궤도의 접촉각

- L = 전륜 사이의 거리
- z_c = 토양과 궤도의 접촉 부분에서 궤도의 최소 침하량
- T_{or} = 단위 폭에 대한 궤도의 장력
- H = 단위 폭에 대한 궤도의 수평 장력
- b = 궤도의 폭
- R_w = 전륜에 작용하는 토양 반력
- R_r = 전륜과 전륜 사이의 궤도에 작용하는 토양 반력
- R_{tr} = 최초 전륜의 앞부분과 마지막 전륜의 뒷부분에 작용하는 토양 반력
- W = 차량의 중량
- N = 전륜의 수
- ΔL_{rd} = 상부 및 현가 장치에 의하여 감소되는 궤도의 길이
- ΔL_{lower} = 증가된 궤도의 접지부 길이

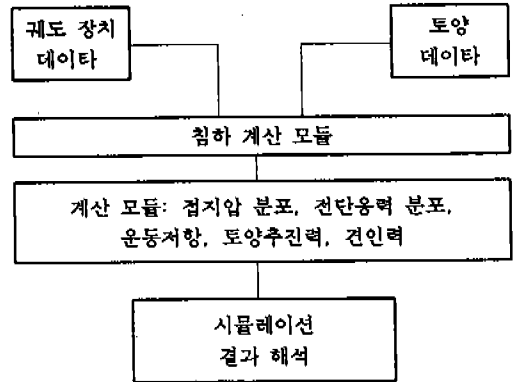


Fig.1 Structure of simulation program

력, 토양 추진력을 그래픽으로 출력하여 그 변화를 쉽게 파악할 수 있도록 하였다. 계산 모듈에 포함된 접지면의 전단 응력, 운동저항, 토양 추진력, 견인력은 예측한 접지압을 이용하여 다음과 같은 방법으로 결정하였다.

3.2 평균 최대 접지압

본 연구에서 궤도에 작용하는 평균 최대 접지압(mean maximum pressure, MMP)은 전륜에 작용하는 최대 접지압의 평균으로 정의하였다. 접지압 모형에서 전륜에 작용하는 최대 접지압은 전륜의 최대 침하량으로 결정되며, 전륜의 침하량은 모든 전륜에서 같은 값으로 예측되기 때문에 평균 최대 접지압, MMP는 다음 식으로 계산하였다. 여기서 z_w 는 식 (3)에서 결정된 전륜의 최대 침하량이다.

$$MMP = \left(\frac{k_c}{b} + k_\phi \right) z_w^2 \quad (8)$$

3.3 접지면의 전단 응력

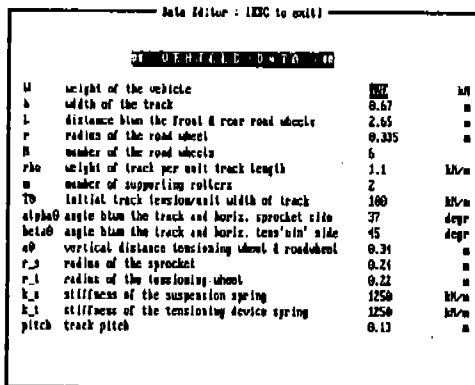
접지면의 전단 응력은 예측한 접지압 분포와 Janosi-Hanamoto(Bekker, 1969)"식"을 이용하여 결정하였다. Janosi-Hanamoto식에서 요구되는 접지면의 전단 변위는 궤도의 슬립 속도를 적분하여 구하였다. Fig.3에서와 같이 궤도 곡선의 기울기와 수평면이 이루는 각을 θ 라고 하면 궤

각 식의 유도 과정과 연립 방정식의 해를 구하는 방법은 별도의 논문(김 등 1995)"에서 설명하였다.

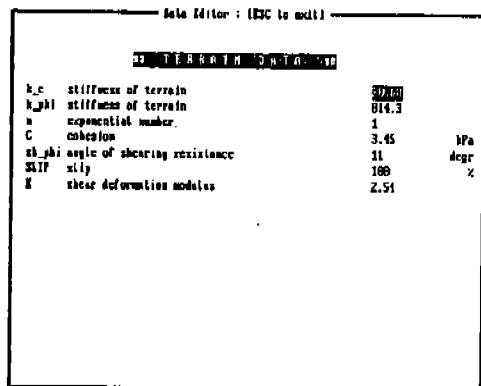
3. 성능 예측 시뮬레이션

3.1 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램

식 (2)의 접지압 모형을 이용하여 접지압을 시뮬레이션할 수 있는 컴퓨터 프로그램을 개발하였다. 시뮬레이션 프로그램은 C 언어로 작성하였으며 운영 방식은 PC 환경에서 사용자가 편리하게 데이터를 입력하고 결과를 출력할 수 있도록 메뉴 방식으로 처리하였다. 프로그램은 데이터 입력 모듈, 계산 모듈, 결과 출력 모듈로 구성하였으며, 계산 모듈은 궤도의 침하, 접지압 분포, 접지면의 전단 응력, 운동저항, 견인력, 토양 추진력을 계산하는 부모듈로 구성하였다. Fig.1은 시뮬레이션 프로그램의 구성도를 나타낸 것이다. 시뮬레이션은 차량 제원과 토양 특성을 입력하고, Fig.2에서와 같이 궤도의 형상, 궤도 곡선, 접지압 분포, 전단 응력, 운동저항, 견인

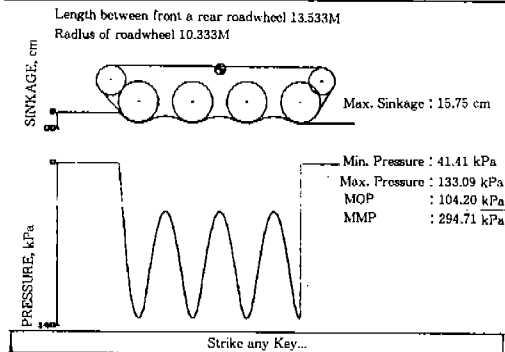


(a) Window for inputting vehicle data



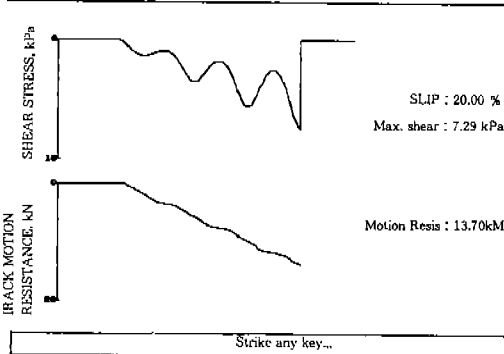
(b) Window for inputting terrain data

SINKAGE & GROUND PRESSURE DISTRIBUTION



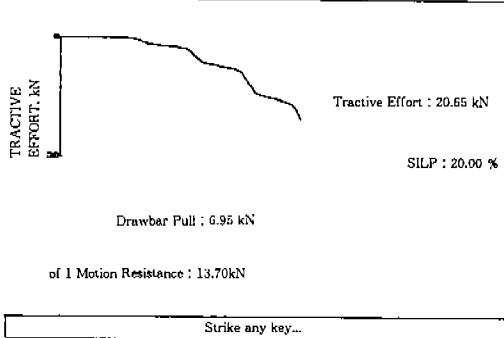
(c) Output sinkage and ground pressure distribution.

SHEAR STRESS & TRACK MOTION RESISTANCE



(d) Output shear stress and motion resistance.

TRACTIVE EFFORT & DRAWBAR PULL



(e) Output tractive effort and drawbar pull

Fig.2 Inputs and outputs of computer simulation

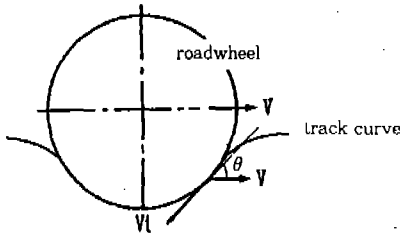


Fig.3 Slip velocity of track

도의 슬립 속도 V_s 는 다음과 같이 표현된다. 즉, 궤도와 토양이 접촉하는 한 점에서 궤도의 속도를 V_r , 같은 점에서 차량의 속도를 V 라고 하면 슬립 속도는 차량에 대한 궤도의 상대 속도로서 정의된다.

$$V_s = V_r - V \cos \theta$$

$$= r\omega [1 - (1-i) \cos \theta] \quad (9)$$

여기서, r = 스프로킷의 반지름
 ω = 각속도
 i = 슬립

따라서, 슬립 속도를 적분하여 궤도상 임의의 한 점 x 에서 전단 변위를 구하면

$$j_s = \int_0^l r\omega [1 - (1-i) \cos \theta] dt$$

$$= \int_0^l r\omega [1 - (1-i) \cos \theta] \frac{dl}{r\omega}$$

$$= \int_0^l [1 - (1-i) \frac{dx}{dl}] dl$$

$$= l - (1-i)x$$

여기서, j_s = 전단 변위

가 된다. 또, 궤도 끝에서 $x=l$ 이므로 전단 변위는 il 이 된다. 이제, x 에서 접지압을 $p(x)$, 전단 변위를 j_s 라고 하면 이 지점에서 접지면의 전단 응력은 다음과 같이 표현된다.

$$\tau(x) = [c + p(x) \tan \phi]$$

$$\left[1 - \exp\left(-\frac{(l-(1-i)x)}{K}\right) \right] \quad (11)$$

여기서, $\tau(x)$ = 전단 응력

c = 토양의 점성

$p(x)$ = 접지압

ϕ = 토양의 내부 마찰각

i = 슬립

K = 토양의 전단변형계수

3.4 운동저항

본 연구에서는 내부 운동저항은 무시하고 토양 침하로 인한 운동저항만을 고려하였다. 토양 침하로 인한 운동저항은 운동저항이 한 일은 접지압이 토양을 침하시키는 데 한 일과 같다는 이론을 적용하여 결정하였다. 궤도의 길이가 l 이고 폭이 b 인 궤도 차량에서, 임의의 위치 x 에서 궤도의 침하가 z_0 이고 접지압이 $p(x)$ 일 때 전 접지면의 접지압이 한 일은 다음 식으로 표현된다.

$$Work = 2b \int_0^l \int_0^{z_0} p(x) dz dx \quad (12)$$

차량이 수평 방향으로 거리 l 만큼 주행하였을 때 차량에 작용하는 평균 운동저항을 R_c 라고 하면 $R_c l$ 가 한 일은 $R_c l$ 이다. 따라서,

$$R_c l = 2b \int_0^l \int_0^{z_0} p(x) dz dx \quad (13)$$

이 식에서 운동저항을 구하면

$$R_c = \frac{2}{l} \int_0^l \int_0^{z_0} p(x) dz dx \quad (14)$$

가 된다.

3.5 토양 추진력과 견인력

토양 추진력은 접지면의 전단 응력을 적분하여 다음 식으로 결정하였다. 본 연구에서는 궤도의 러그에 의한 영향은 고려하지 않았다.

$$F = 2b \int_0^l \tau(x) dx \quad (15)$$

여기서, F =토양 추진력
 궤도 장치의 견인력은 토양 추진력에서 운동저
 항은 뺀 값이므로

$$DP = F - R_c \quad (16)$$

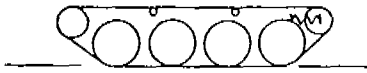
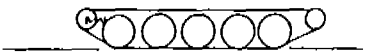
여기서, DP =견인력
 R_c =운동저항
 로부터 견인력을 결정하였다.

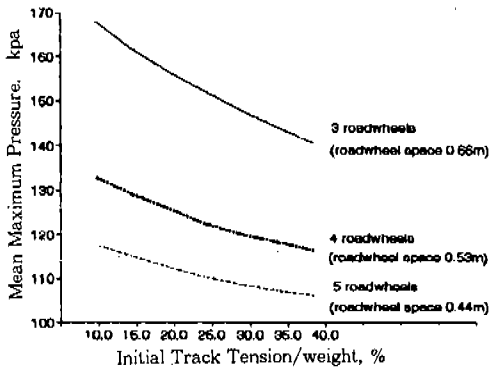
4. 초기 장력의 영향

4.1 접지압에 대한 영향

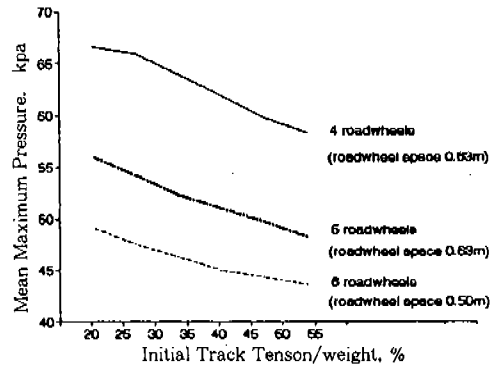
시뮬레이션으로 예측한 접지압을 분석하여 궤도
 의 초기 장력이 접지압 분포와 MMP에 미치는 영
 향을 조사하였다. 토양 조건은 $k_c=20.7\text{kN/m}^{n+1}$,
 $k_w=814.3\text{kN/m}^{n+2}$, $n=1$ 인 점토와 $k_c=29.76$
 kN/m^{n+1} , $k_w=2083\text{kN/m}^{n+2}$, $n=0.8$ 인 사양토
 2종류로 하였으며, 궤도 차량은 문헌(Garber

Table 1 Specifications of tracked vehicles used for simulation.²⁾

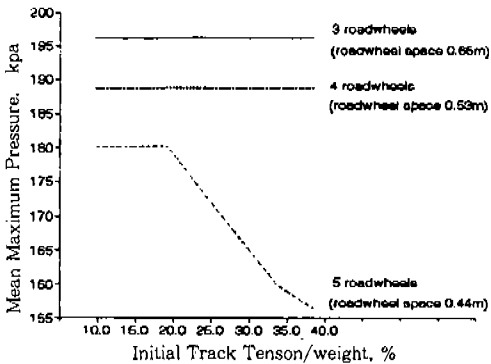
Design Parameters		Track I	Track II
Weight of the vehicle, kN		370	89
Width of the track, m		0.67	0.43
Distance between the centers of the front and rear roadwheels, m		2.65	2.5
Radius of the roadwheel, m		0.40	0.295
Number of the roadwheels		4	5
Angle between the horizontal surface and the track close to the sprocket		37°	30°
Angle between the horizontal surface and the track close to the tension wheel		45°	32°
Vertical distance between tensioning wheel and the roadwheel centers, m		0.34	0.175
Radius of the sprocket, m		0.24	0.175
Radius of the tensioning wheel, m		0.22	0.175
Combined stiffness of the suspension spring of one track, kN/m		1250	215
Stiffness of the track tensioning device spring, kN/m		1250	500
Weight of the track per unit track length, kN/m		1.1	0.3
Number of the supporting rollers		2	0
Initial track tension per unit width of the track, kN/m		35.5	21
Track shape	Vehicle I		
	Vehicle II		



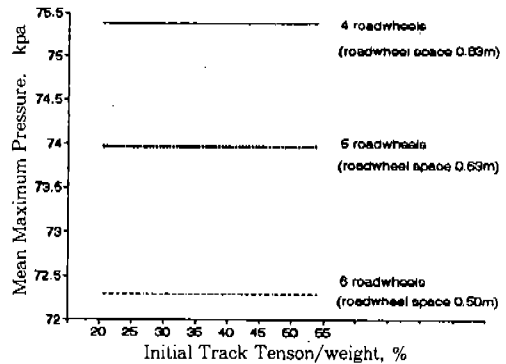
(a) Track I on clayey soil



(b) Track II on clayey soil



(c) Track I on sandy loam soil



(d) Track II on sandy loam soil

Fig.4 Changes in MMP with changes in initial track tension/vehicle weight

and Wong, 1981)²⁾에 발표된 차량 중에서 중량의 차이가 큰 2대를 임의로 선정하여 이용하였다. 선정한 궤도 차량의 제원은 표 1에서와 같고 차량 I의 중량은 차량 II의 4.74배이다.

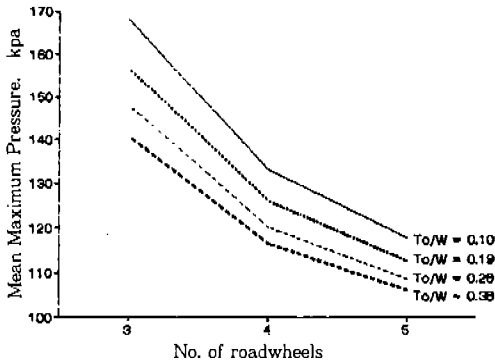
Fig.4는 초기 장력을 증가시켰을 때 예측된 MMP의 변화를 나타낸 것이다. 궤도 차량 I의 경우, 점토에서 초기 장력을 증가시키면 MMP는 감소하였으며, 감소율은 전륜의 수가 증가함에 따라 둔화되었다. 즉, 초기 장력을 차량 무게의 9.6% 수준에서 38.4% 수준으로 증가시켰을 때, MMP는 전륜이 3개일 경우 16%, 5개일 경우 10% 감소하였다. 궤도 차량 II에서도 초기 장력과 전륜이 증가하였을 때 MMP가 감소하는 경향은 I에서와 유사하였다. 사양토의 경우에도 Fig.4 (c), (d)에서와 같이 두 궤도 차량에서

초기 장력의 영향은 없었다.

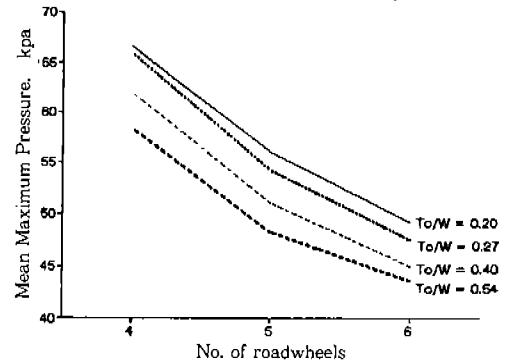
같은 초기 장력에서 전륜의 수를 증가시키면 Fig.5에서와 같이 점토와 사양토에서 MMP는 모두 감소하였다. 그러나 점토의 경우는 전륜의 수가 증가할수록 MMP의 감소율은 둔화되었으나 사양토의 경우에는 증가되었다.

4.2 견인 성능에 대한 영향

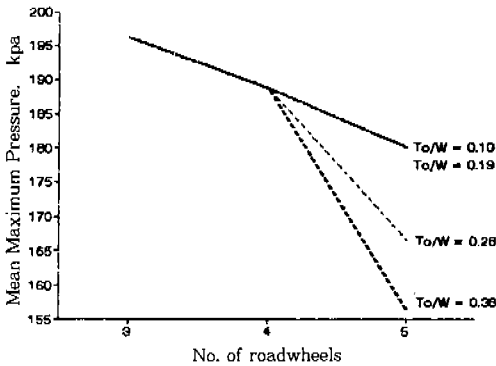
초기 장력이 견인계수에 미치는 영향을 구명하기 위하여 점성이 3.54kPa이고, 내부 마찰각이 11°, 전단변형계수가 2.54cm인 점토에서 궤도 장치 I 과 II의 견인계수 및 견인 효율을 시뮬레이션하였다. 시뮬레이션 결과는 궤도에 작용하는 수직 하중에 대한 초기 장력의 비에 따라, 슬립의 함수로서 견인계수와 견인효율을 표시하였다.



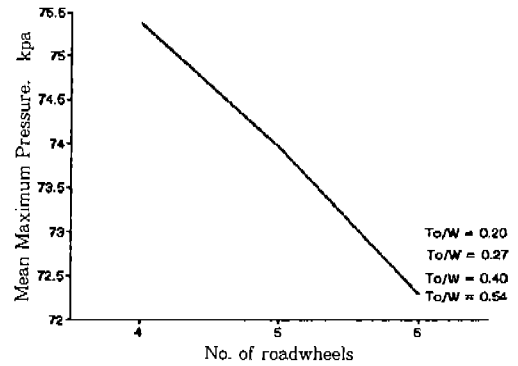
(a) Track I on clayey soil



(b) Track II on clayey soil



(c) Track I on sandy loam soil



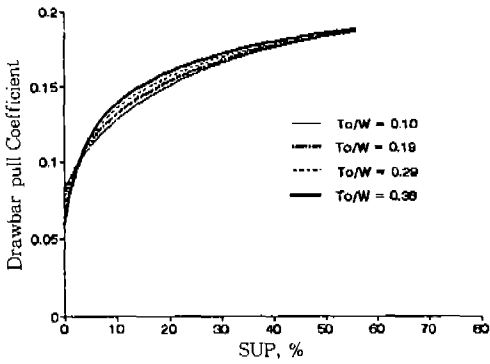
(d) Track II on sandy loam soil

Fig.5 Changes in MMP with changes in number of roadwheels

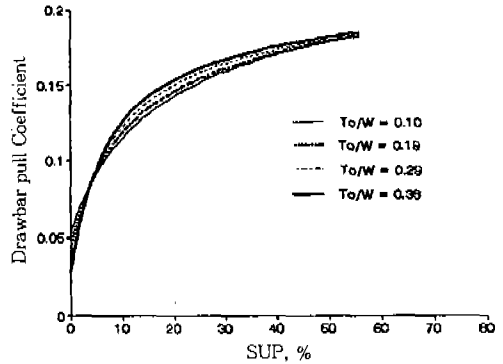
견인계수는 Fig.6에서와 같이 초기 장력이 증가할수록 증가하였으나, 증가율은 무시할 정도이었다. 궤도 차량 I의 경우, 초기 장력을 차량 무게의 9.6% 수준에서 3.8배 증가시켰을 때, 전륜이 3, 4, 5인 궤도 차량의 견인계수는 각각 8.7%(슬립 11%), 9.3%(슬립 14%), 13.3%(슬립 16%) 증가하였다. II의 경우, 초기 장력을 차량 무게의 27% 수준에서 2배 증가시켰을 때, 전륜이 4, 5, 6인 궤도 차량의 견인계수는 각각 최대 10.0%(슬립 16%), 13.5%(슬립 18%), 14.7%(슬립 19%) 증가하였다. 초기 장력의 증가로 인한 견인계수의 증가율은 전륜의 수가 많을수록 컸다.

견인계수는 궤도 차량 I의 경우 슬립이 10~

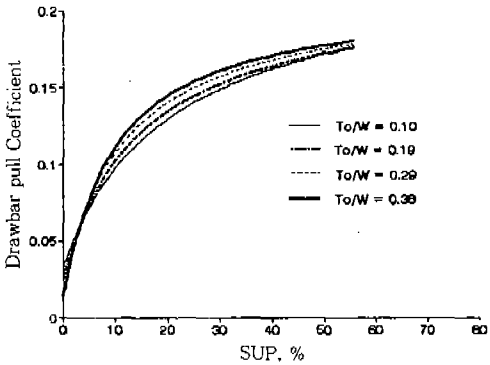
40%인 범위에서 증가하였으며 그 이상의 슬립 상태에서는 증가율이 5%이하로 떨어졌다. 궤도 차량 II의 경우에는 10~60%인 범위에서 견인계수가 증가하였으며, 그 이상의 슬립에서는 증가율이 5% 이하로 떨어졌다. 그러나 슬립이 적은 경우 즉, 3~4% 이하인 상태에서는 초기 장력이 증가하면 견인계수는 반대로 감소하였다. 이러한 현상은 궤도의 초기 장력이 증가되면 MMP가 감소하고 전륜 사이의 궤도에 작용하는 접지압이 증가하여 토양 추진력이 증가되기 때문인 것으로 판단된다. 이와 같은 경향은 전륜의 수가 증가되었을 경우에도 동일하였다. 초기 장력을 일정한 수준으로 유지한 상태에서 전륜의 수를 증가시키면 견인계수는 모든 슬립 상태에서



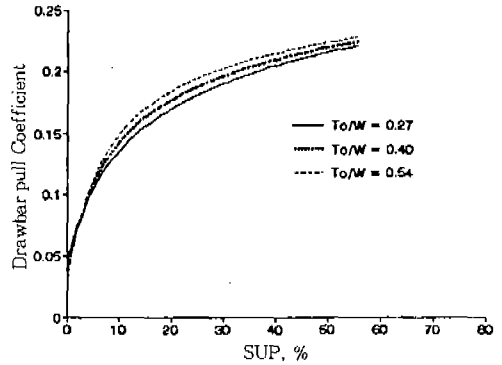
(a) Track I with 3 roadwheels



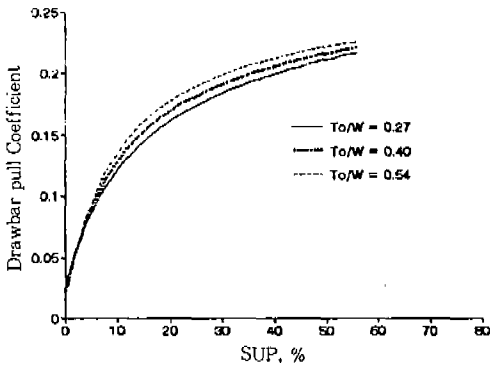
(b) Track I with 4 roadwheels



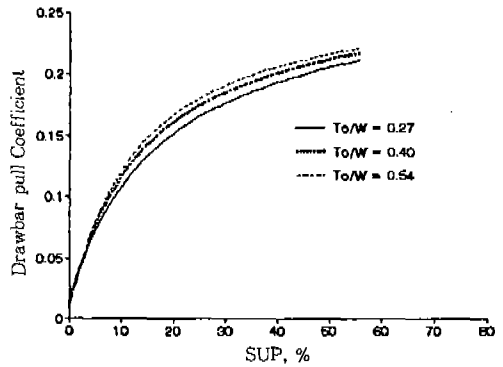
(c) Track I with 5 roadwheels



(d) Track II with 4 roadwheels



(e) Track II with 5 roadwheels



(f) Track II with 6 roadwheels

Fig.6 Predicted tractive coefficient vs. track slip

감소하였다. 이는 전륜이 증가되면 궤도의 접지압이 하향 평준화되고 MMP의 크기가 감소하여 토양 추진력이 감소되기 때문인 것으로 판단된다.

견인효율에 대한 초기 장력의 영향은 견인계수의 경우에서와 같은 경향으로 나타났다. 즉, 초기 장력이 증가하면 견인효율은 Fig.7에서와 같이 궤도 차량 I의 경우 5~40%의 슬립 범위에서, 궤도 차량 II의 경우 5~20%의 슬립 범위에서 증가하였다. 그러나 이러한 초기 장력의 영향은 전륜이 증가할수록 감소하였다.

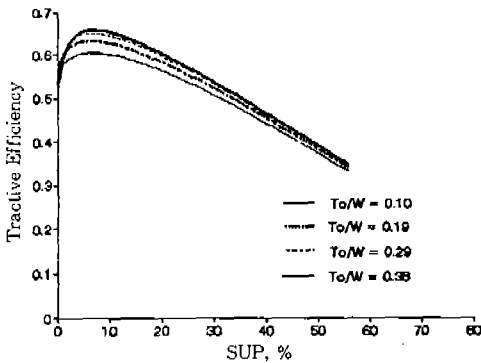
이상의 결과로부터 초기 장력의 영향은 연약한 토양 혹은 슬립이 10~30%인 토양 상태에서는 견인 성능을 향상시키는 것으로 판단되며 단단한 토양 혹은 슬립이 3~4% 이하인 토양 조건에서는 반대로 견인 성능이 저하되는 것으로 판단된다. 초기 장력이 증가되었을 때 견인효율이 증가

하는 경우는 실험으로써도 입증된 바 있다.⁶⁾ 초기 장력이 증가함에 따라 견인효율이 증가하는 것은 전륜과 전륜 사이의 토양 추진력이 증가되고 운동저항이 감소되기 때문인 것으로 판단된다.

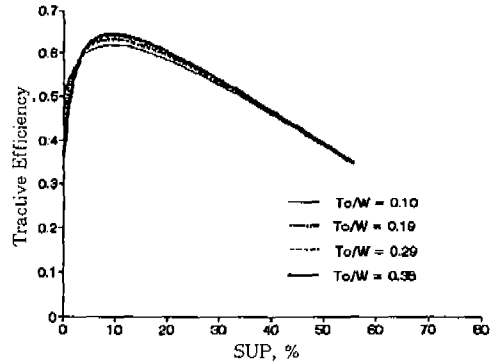
4.3 침하와 운동저항에 대한 영향

궤도의 침하와 운동저항에 대한 초기 장력의 영향을 구명하기 위하여 견인 성능 예측에서와 같은 토양 조건에서 궤도 차량 I에 대한 침하와 운동저항을 시뮬레이션하였다.

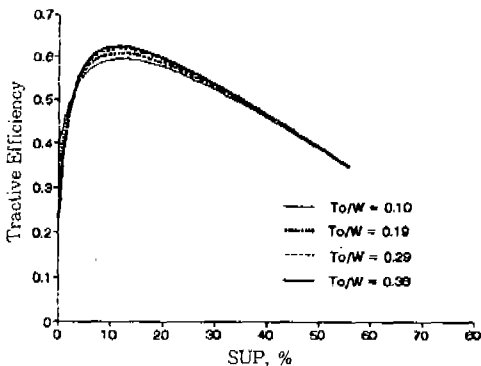
시뮬레이션의 결과는 Fig.8에서와 같이 궤도의 초기 장력이 증가함에 따라 운동저항은 감소하였으며 감소율은 전륜의 수가 적을수록 높았다. 같은 장력 수준에서는 전륜이 많을수록 운동저항이 감소하였으며 감소율도 낮았다.



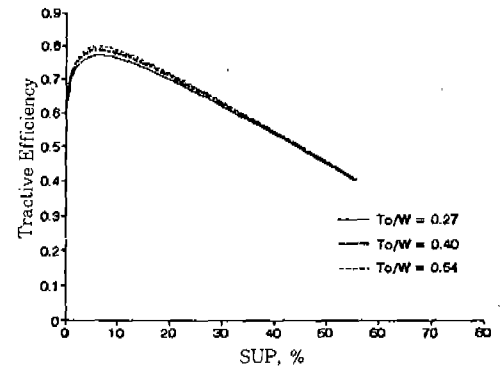
(a) Track I with 3 roadwheels



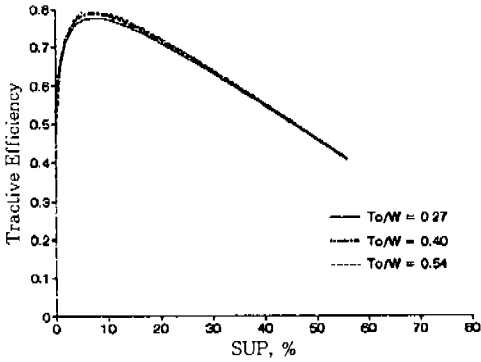
(b) Track I with 4 roadwheels



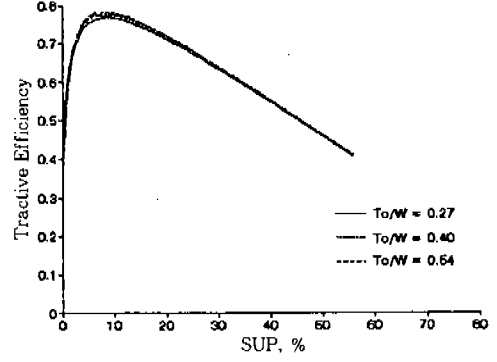
(c) Track I with 5 roadwheels



(d) Track II with 4 roadwheels

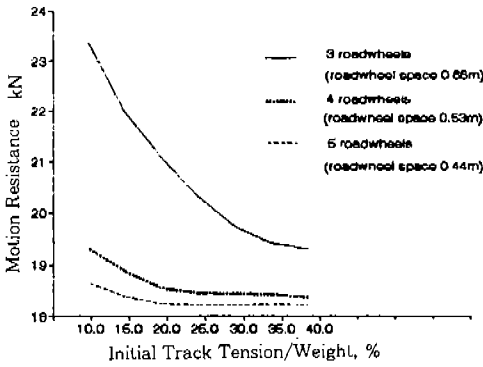


(e) Track II with 5 roadwheels

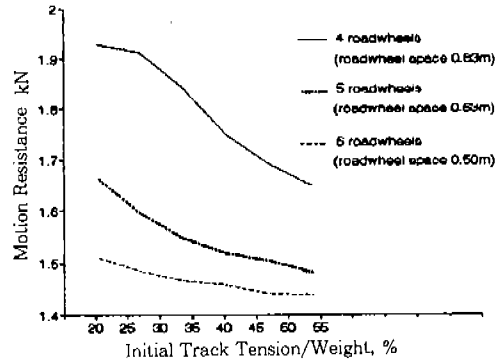


(f) Track II with 6 roadwheels

Fig.7 Predicted tractive efficiency vs track slip



(a) Track I



(b) Track II

Fig.8 Predicted motion resistance vs initial track tension

5. 결 론

접지압 예측 모형을 이용하여 궤도의 접지압 분포, 견인계수, 견인효율, 토양 추진력, 운동저항을 결정하고 이를 그래프로 나타낼 수 있는 접지압 시뮬레이션 프로그램을 개발하였다. 시뮬레이션 프로그램은 PC 환경에서 사용자가 편리하게 데이터를 입력하고 결과를 출력할 수 있도록 메뉴 방식으로 처리하였으며 접지압 분포, 전단 응력, 견인계수, 견인효율, 토양 추진력, 운동저항을 그래프로 출력하여 그 변화를 쉽게 이해할 수 있도록 하였다.

접지압 예측 시뮬레이션으로 예측한 접지압을

분석하여 초기 장력이 접지압 분포와 MMP, 견인 성능, 침하, 운동저항에 미치는 영향을 조사하였다. 점토의 경우 궤도의 초기 장력이 증가하면 궤도의 침하는 감소하고 이에 따라 MMP도 감소하여 접지압은 균등화되는 경향을 나타내었다. 이러한 경향은 전륜의 수가 많을수록 더욱 현저하였다. 그러나 사양토와 같이 토양 강도가 큰 경우에는 장력의 증가에 의한 MMP의 변화는 거의 무시할 정도이었다. 같은 초기 장력에서는 전륜이 많을수록 MMP가 감소하였고 감소율은 단단한 토양일수록 증가하였다. 궤도의 초기 장력이 증가함에 따라 침하에 의한 운동저항은 감소하였고 같은 초기 장력에서는 전륜의 수가

많을수록 운동저항이 감소하였다. 따라서, 접지압을 균일하게 유지하고 운동저항을 감소시키기 위해서는 궤도의 초기 장력을 증가시키거나 또는 전륜의 수를 증가시켜야 할 것으로 판단된다.

견인 성능의 경우, 초기 장력이 증가하면 견인계수와 견인효율은 대체로 증가하였으나 증가량은 적었다. 그러나 슬립이 3~4% 이하일 때는 초기 장력이 증가함에 따라 견인계수가 감소하였으며, 슬립이 10~60%일 때는 증가하였다. 같은 초기 장력에서는 전륜이 많을수록 모든 슬립 상태에서 견인계수가 감소하였다. 초기 장력이 증가하면 견인효율은 대체로 증가하였다. 따라서, 초기 장력의 증가는 연약한 토양 또는 슬립 10~30%인 토양 상태에서 견인 성능을 향상시키는 것으로 판단된다. 그러나 초기 장력이 지나치게 증가하면 내부 운동 저항이 증가하여 견인효율이 감소될 수 있다.

후 기

이 연구는 1992년도 한국과학재단 연구비 지원에 의한 결과입니다(과제 번호 921-0900-002-2). 한국과학재단의 연구비 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Bekker, M. G., "Off-the-road locomotion", The Univ. of Michigan press, Ann Arbor, MI USA, 1960.
2. Garber, M. and J. Y. Yong, "Prediction of ground pressure distribution under tracked vehicles-1. An analytical method for predicting ground pressure distribution", Journal of Terramechanics Vol. 18, No. 1, pp. 1~23, 1981.
3. Muro, T., "Optimum track belt tension and height of application forces of a bulldozer running on weak terrain", Journal of Terramechanics Vol. 28, No. 2/3, PP. 234~268, 1991.
4. 김채주, 김경옥, 신범수, "궤도형 주행 장치의 접지압 예측 모형 개발", 한국자동차공학회 논문집 제3권 제4호, pp.78~87, 1995.
5. 김경옥, 김채주, 신범수, "궤도의 초기 장력이 궤도형 주행 장치의 접지압 분포에 미치는 영향", 한국자동차공학회 1993년도 추계 학술대회 논문집, PP. 342~347, 1993.
6. 박길배, 김경옥, "궤도의 장력이 콤파인의 주행 성능에 미치는 영향", 한국농업기계학회지 제17권 3호, PP. 237~246, 1992.