

량이 17 % 이상이고, 함수비가 50 % 이상인 경우라고 판단된다. 이러한 현상은 함수비가 80 %에 이를 때까지 큰 변화가 없다.

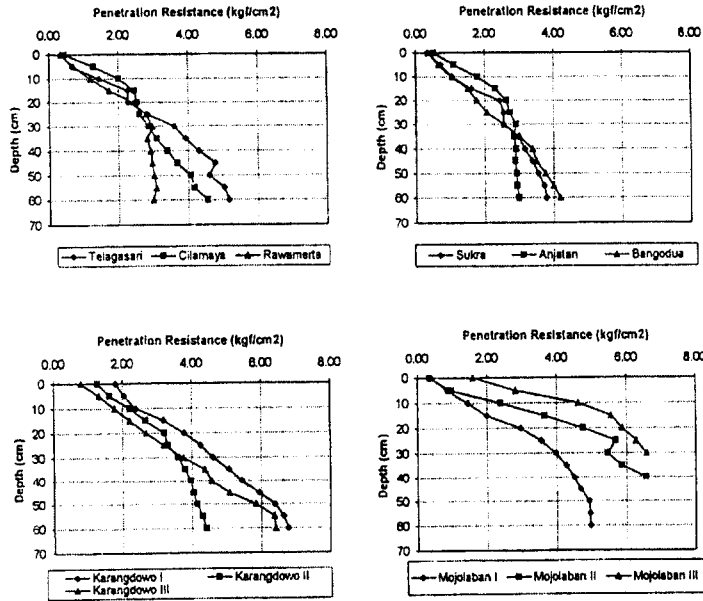


Fig. 1 Penetration resistance in profile

인도네시아 습지에서 경운 정지 작업이 실시되는 계절의 토양 함수비는 24%에서 66%이다(CREATA, 1998). 일부 지역에서는 경운 정지 작업을 수행하기 전에 관개를 하여 토양이 포화상태에 이른다.

트랙터의 작업성능에 가장 큰 영향을 미치는 요인으로서 습지용 보조 차륜을 설계할 때 기준으로 한 습지 특성은 다음과 같다.

1. 경반 깊이 30 cm 이내의 원추 관입 저항: 250-300 kPa
2. 토양 함수비: 45 % 내외
3. 점토 함량 : 40 % 이상

3. 습지용 차륜의 조건

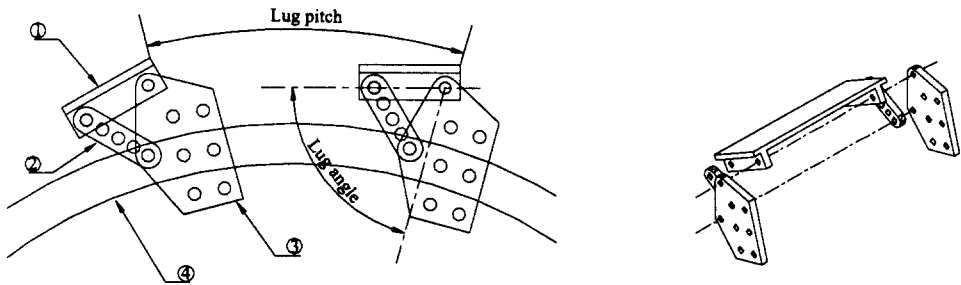
습지는 비교적 깊은 연약 토층을 형성한다. 연약 토층은 강도가 낮고 부착력이 크다. 일반 차륜으로 작업할 때는 침하와 슬립이 크고 토양의 부착이 심하기 때문에 구름저항이 커서 정상적으로 작업할 수 없다. 접지압이 낮으면 차륜 침하와 구름저항이 감소된다. 케도형 주행 장치가 접지압을 낮출 수 있기 때문에 널리 이용되고 있으나 고가라는 단점이 있다. 경반의 깊이가 30cm 이내인 경우에는 차륜을 경반 깊이까지 침하시켜 큰 토양 추진력을 얻을 수 있으며 또한 경제적이기 때문에 이러한 원리를 이용한 차륜이 널리 사용된다. 그러나 뚜렷한 경반이 존재하지 않는 경우에는 차륜의 침하를 최소화하여 작업할 수 있도록

차륜을 설계하여야 한다.

케이지 휠(Cage Wheel)은 동남아 지역의 경운기에서 널리 사용되고 있는 습지용 차륜이다. 케이지 휠은 침하가 적고 견인 성능이 우수하며 구조가 간단하고 제작 비용이 낮기 때문에 동남아 지역의 토양 조건에 적합한 것으로 판단된다. Dwyer 등(1988)이 점토함량이 높은 태국의 토양조건에 근거하여 토양조를 만들어 수행한 실험에서는 케이지 휠이 다른 차륜에 비하여 구름저항이 높지만 높은 견인 효율을 얻었다. 특히 낮은 슬립에서 높은 견인력이 나타나기 때문에 이러한 케이지 휠을 4륜 구동 트랙터에 부착하면 소형 트랙터의 습지용 보조 주행 장치로서 이용될 수 있는 것으로 판단된다.

4. 타이어 부착형 보조 차륜의 설계

그림 2는 설계 제작한 실험용 보조 차륜이다. 케이지 휠을 휠 디스크에 부착시켜 습지에서 보조 역할을 할 수 있도록 설계하였으며 도로에서는 타이어에 의하여 주행하도록 하였다. 차륜의 설계에서는 차륜의 형태를 결정하는 4 개의 변수를 변화시킬 수 있도록 설계하였다.



①- Flat plate lug ② - Lug angle adjust linkage ③ - Lug frame ④ - Wheel rim

Fig. 2 Schematic diagram of Cage Wheel mechanism.

1. 차륜의 림 간격을 조정하여 차륜폭을 200, 250, 300mm로 선택할 수 있도록 하였다.
2. 차륜의 림에 대한 러그 프레임의 위치를 3단계로 조정하여 차륜 지름을 3단계로 변화시킬 수 있도록 하였다.
3. 러그 간격은 3 수준으로 조정할 수 있도록 하였다.
4. 러그각 조정 링크를 이용하여 러그각은 15°, 30°, 45°, 60°, 75°로 변화시킬 수 있도록 하였다.

일반적으로 차륜의 폭이 크면 접지압이 작아지고 침하를 감소시킬 수 있으나 구름저항이 증가하고 트랙터의 윤거가 증가하여 작업이 어렵게 된다. 차륜의 지름이 커지면 견인력이 증가하고 구름저항이 감소하여 좋은 효과를 가져올 수 있으나 보조 차륜의 반지름이 타이어의 동반경을 초과하는 경우에는 주행시에 보조 차륜이 직접 노면에 접촉하여 트랙터의 전동 라인에 과부하가 걸리게 된다. 러그수를 증가시키면 침하를 감소시킬 수 있으나 러그 사이

에 흙이 부착되어 주행성을 상실하게 되므로 가장 적절한 러그 간격을 구명할 필요가 있다. 러그각이 견인성능에 큰 영향을 미치는 것으로 알려지고 있다.

5. 견인 성능 실험

5.1 토양 조건과 계측 장비

실험을 수행한 토양은 함수비가 41.00 %이고 미농무성법(USDA)에 따라 사질토로 분류되었다. 깊이 23 cm 좌우에 경반이 존재하였으며 원추지수는 0 cm, 5 cm, 10 cm, 15 cm 깊이에서 0 kPa, 0 kPa, 200 kPa, 380 kPa 이었다.

견인성능을 나타내기 위한 지표로는 슬립, 견인력, 견인계수, 견인 효율을 사용하였으며 이것을 구하기 위하여 좌우측 후륜 차축의 회전 속도, 차량의 주행 속도, 좌우측 후륜 차축의 토크, 견인력 등을 계측하였다. 차축의 토크는 스트레인 게이지, 견인력은 로드셀, 후륜의 회전 속도는 로터리 엔코더, 트랙터의 주행 속도는 속도 센서를 사용하여 각각 계측하였다. 실험에서 사용한 트랙터의 단수는 M2단(4.12km/h)이고 2륜 구동을 사용하였으며 트랙터를 이용하여 계측 트랙터가 100% 슬립이 발생할 때까지 단계적으로 부하를 가하였다.

5.2 실험 결과

5.2.1 곡선 접합

실험 결과간의 비교를 위해 곡선 접합이 필요하다. 여기서는 Wismer-Luth식을 이용하였다.

$$\text{견인계수} = A(1 - e^{-B \cdot \text{Slip}}) + C, \quad \text{견인 효율} = (1 - \text{Slip}) \left[1 - \frac{D}{1 - e^{-E \cdot \text{Slip}}} \right]$$

위의 식에서 상수 A, B, C, D, E 등은 곡선 접합을 이용하여 결정되게 된다. 그림 3과 그림 4는 실제 실험에서 분산되어 있는 측정 데이터와 곡선 접합한 결과를 함께 나타낸 것이다.

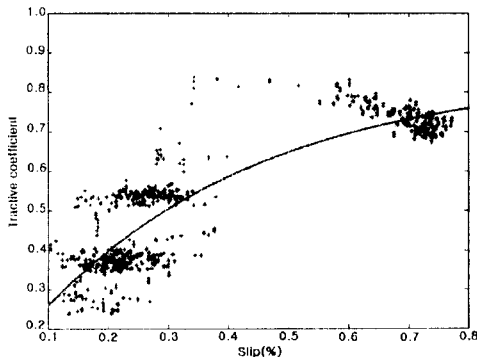


Fig. 3 Curve fitting for tractive coefficient

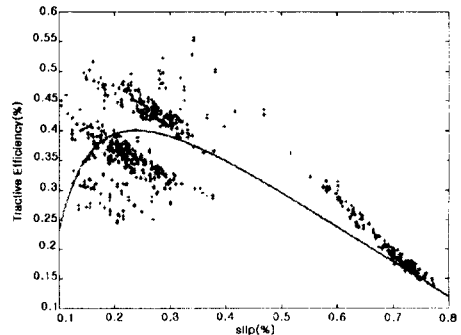


Fig. 4 Curve fitting for tractive efficiency

5.2.2 러그각에 따른 견인 성능

러그각에 따른 견인 계수와 견인 효율의 변화는 그림 5, 6, 7, 8과 같다. 러그 간격 30.95 cm에서 러그각의 증가에 따라 견인계수는 감소하는 추세를 나타냈으며 견인 효율은 큰 차이가 나타나지 않았다. 러그 간격 23.21 cm에서는 러그각에 따른 견인 계수와 견인 효율의 차이는 크지 않았으나 러그각이 75°일 때는 100 %의 슬립이 발생하여 계측을 할 수 없었다. 따라서 러그각이 너무 크면 견인 성능이 떨어진다고 판단된다.

타이어만 장착하였을 경우와 비교한다면 견인 계수는 두 개 수준의 러그 간격에서 모두 큰 증가를 가져 왔으며 슬립이 증가할수록 보조 차륜의 작용은 더 크다. 견인 효율은 타이어의 경우에 비하여 약간의 증가를 보였다. 이는 보조 차륜의 장착으로 인한 구름저항의 증가와 동시에 견인력이 많이 증가되었기 때문이라고 판단된다.

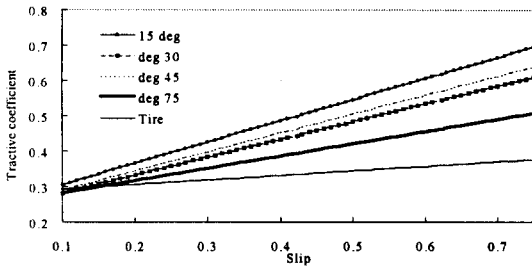


Fig. 5 Tractive coefficient at a lug pitch of 30.95 cm

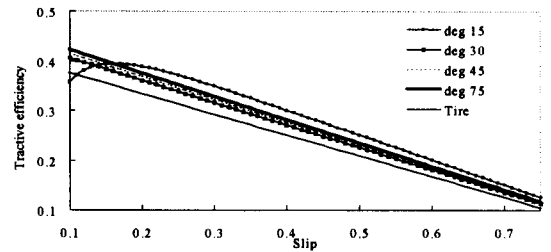


Fig. 6 Tractive efficiency at a lug pitch of 30.95 cm

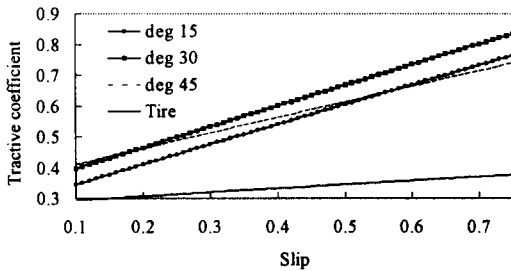


Fig. 7 Tractive coefficient at a lug pitch of 23.21cm

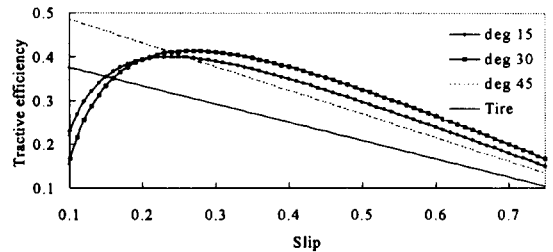


Fig. 8 Tractive efficiency at a lug pitch of 23.21 cm

5.2.3 러그간격의 변화에 따르는 견인계수와 견인효율

러그 간격에 따른 견인 계수와 견인 효율의 변화는 그림 9, 10, 11, 12과 같다. 실험에서 계측한 모든 각도에서 러그간격 23.21cm이 우수한 견인 성능을 얻었다.

러그 간격이 작을수록 더 좋은 견인 성능을 가진다고 예측되지만 러그 간격이 너무 작으면 러그 사이에 흙이 부착하여 차륜이 견인 성능을 상실할 수 있으며 또 이는 단단한 경반이 있는 토양에서 얻은 결과이므로 습지조건에서 입증할 필요성이 있다.

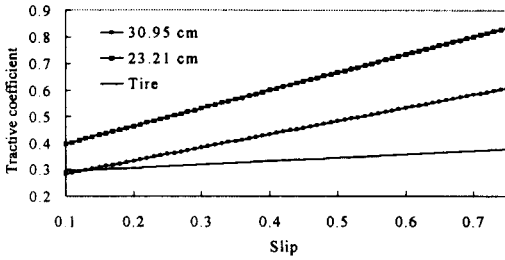


Fig. 9 Tractive coefficient at a lug angle of 30°

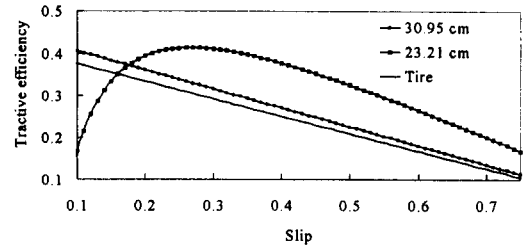


Fig. 10 Tractive efficiency at a lug angle of 30°

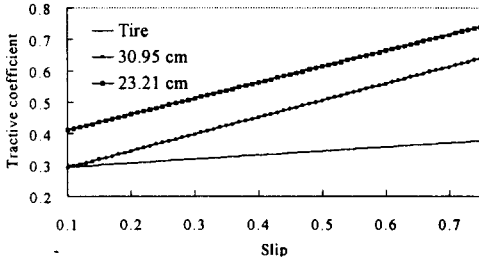


Fig. 11 Tractive coefficient at a lug angle of 45°

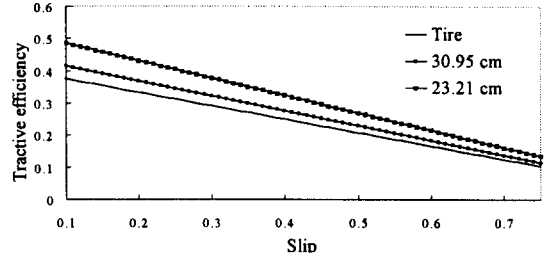


Fig. 12 Tractive efficiency at a lug angle of 45°

6. 결과 및 요약

본 연구에서는 습지용 보조 차륜의 설계 변수를 구명하기 위하여 습지 조건을 설정하였고 실험용 보조 차륜을 설계 제작하여 포장 실험을 수행하였으며 러그각과 러그 간격이 트랙터의 견인성능에 미치는 영향을 고찰하였다. 실험 결과 실험용 보조 차륜은 트랙터의 견인성능을 현저히 증가시켰으며 러그 간격 23.21 cm에서 러그 간격 30.95 cm 보다 우수한 견인성능을 얻었다. 러그 간격 30.95 cm에서 러그각의 증가에 따라 견인 계수가 감소하였으며 견인 효율은 큰 차이가 없었다. 23.21 cm의 러그 간격에서 러그각을 변화시켰을 때 견인 계수와 견인 효율은 큰 차이가 없었다. 75° 러그각은 견인 성능이 떨어진다고 판단된다.

7. 참고 문헌

1. CREATA, Bogor Agri. Uni. and Tongyang Moolsan, Investigation on rice field characteristics and tractor operating conditions in INDONESIA, 1998
2. Lee, D. R., Effects of inflation pressure on tractive performance of bias-ply tires, Unpublished MS thesis, Seoul National University, Suwon, Korea. 1997
3. M. J. Dwyer and J. R. Dawson, Improving the tractive performance of wheeled tractors in wet paddy fields, 2nd Asia-Pacific conference of the ISTVS, 1988
4. 키티챠이 토크리타나시리챠이, 笈田 昭, 本多雅志, かが車輪の設計基準確立に關

- する研究, 農業機械學會誌 52(4): 21~27, 1990
5. 田中 孝, 西村 功, 水田におけるトラクタの走行性能判定に関する實驗結果の總括的考察, 農業機械學會誌 29(1): 45~49, 1967
 6. 機械電子工業部洛陽拖拉機研究所 主編, “拖拉機設計手冊 下冊 1”. 機械工業出版社, 8月第1版, 1994
 7. 潘君拯 等, 南方9省區水田土壤參數分析, 農業機械學報 12月, 1981