

# 砂土에 있어서 모델 테스트에 의한 車輪의 性能 豫測에 관한 研究\* Performance Prediction of Powered-Rigid Wheel by Model Tests.

李 揆 昇,\*\* 李 鎔 國,\*\* 朴 勝 濟\*\*  
K. S. Lee, Y. K. Lee, S. J. Park

## Summary

A series of soil bin experiments was carried out on sand to evaluate the soil physical properties whether they are pertinent to soil-wheel system and to investigate if true model theory is applicable to powered rigid wheel-soil system. Four different sized wheels having diameter of 45, 60, 75 and 90 cm were used for the experiment. The following conclusion was derived from the study.

- (1) True model theory can be sufficiently utilized to study the wheel traction and sinkage on sands.
- (2) For both dry and wet sands, Cone Index(CI) and soil shear parameters ( $c$ ,  $\phi$ ) with bulk density ( $\gamma$ ) were found to be good measures of soil physical properties which are pertinent to predict the performance of the powered rigid wheel-soil system.

## 1. 緒 論

車輪-土壤 시스템에 대한 理論的 접근은 土壤의 복잡한 물리적 특성과 土壤과 輪의 현상에 대한 지식의 결핍 때문에 크게 성공적이지 못하였으며, 또한 시작기에 의한 체계적인 實驗은 이 시스템에 포함된 많은 變數 때문에 設計 변경과 재 實驗에 따른 시간과 경비가 많이 소요되어 바람직한 방법이 아니라고 판단된다. 이와 같이 순수한 해석적 방법에 의해 시스템의 性能을 豫測하기 어려운 경우나, 시작기에 의한 實驗이 바람직하지 않은 경우에는 모델 테스트에 의해 시스템의 性能을 豫測하는 방법이 널리 이용되고 있다.

이러한 모델 테스트는 相似性 理論에 기초를 두고 있으며 공기역학 또는 유체역학의 발전에 큰 역할을 하였다. 相似性 理論은 기하학적, 운동학적, 동역학적으로 相似한 모델에 의해서 한 시스템내에서 일어나는 기본적인 현상을 규명하며, 또한 그속에

포함되어 있는 물리적 變數에 대한 영향을 알수 있게 한다. 그러나 아직 相似性 理論을 도입한 車輪-土壤 시스템에 대한 연구는 아직 미비한 상태이다.

따라서 본 연구의 목적은 砂土에 있어서 車輪-土壤 시스템에 영향을 미치는 土壤 變數들을 검토하여 선정된 土壤 變數에 따른 모델車輪의 原型車輪에 대한 性能豫測 가능성을 구명한다.

## 2. 相似法에 의한 車輪-土壤 시스템의 分析

相似法에 의해 車輪-土壤 시스템을 分析하는데 있어서 가장 중요한 것은 이 시스템에 영향을 미치는 모든 車輪-土壤 變數를 선정하고 평가하는 것이다. 만일 이 시스템에 크게 영향을 미치는 變數가 포함되지 않는다면 모델과 原型의 거동이 서로 相異함으로서 歪曲 모델이 되어 모델이 原型의 性

\*本 研究은 1986년도 文敎部 자유과제 學術研究 助成費에 의해 遂行되었음.

\*\*成均館大學校 農科大學 農業機械工學科

能을 豫測할 수 없다. 일반적으로 車輪-土壤 시스템에 영향을 미치는 變數는 주장에 따라 약간의 차이가 있다. (3,5,6)

가. 變數와 Pi項

1) 獨立變數

먼저 車輪의 性能에 獨立의으로 영향을 미친다고 보고 되어지고 있는 變數들을 獨立變數로 간주하였다. (3,5,6) 여기서 獨立變數는 표 1과 같이 세그룹으로 나누었다. 각 變數의 次元은 질량(M), 길이(L), 시간(T)으로써 표시하였다.

Table 1. Independent wheel-soil system parameters.

Parameters	Symbol	Dimensions
<b>Wheel:</b>		
Diameter	d	L
Section Width	b	L
Lug Angle	$\theta$	...
Other Length	$\lambda$	L
<b>Soil:</b>		
<b>(Analysis A)</b>		
Cone Index	CI	$ML^{-1} T^{-2}$
<b>(Analysis B)</b>		
Friction Angle	$\phi$	...
Cohesion	c	$ML^{-1} T^{-2}$
Bulk Density	$\gamma$	$ML^{-2} T^{-2}$
<b>Wheel-Soil System:</b>		
Dynamic Load	w	$ML T^{-2}$
Translational Velocity	v	$LT^{-1}$
Slip	s	...
Wheel-Soil Friction	$\mu$	...
Acceleration due to Gravity	g	$LT^{-2}$

車輪變數: 車輪의 직경(d), 폭(b)은 車輪에서 가장 중요시되는 기하학적 變數이다.

이외에 러그의 각도를 포함시켰으며, 러그의 길이와 높이, 폭등은 모두 기타길이 變數( $\lambda$ )에 포함시켰다.

土壤變數: 土壤變數는 分析방법에 따라 두가지로 나누었다. 첫번째 分析에서는 Wismer, Freitag(3,6)

등에 의해 車輪의 性能을 豫測하는데 가장 적절한 土壤變數라고 주장 되어진 圓錐指數만을 고려하였다. 두번째 分析에서는 土壤의 剪斷力變數인 점착력(C)과 마찰각( $\phi$ )을 고려하였으며 이외에 겉보기 密度( $\gamma$ )를 포함시켰다.

車輪-土壤 시스템 變數: 車輪에의 動荷重, 속도, 슬립과 중력가속도를 시스템 變數로 택하였다. 車輪과 土壤의 외부마찰각은 車輪과 土壤사이에서 일어나는 슬립에 관계되므로 포함시켰다.

2) 從屬變數

從屬變數는 일반적으로 車輪의 性能을 나타 내는 變數를 의미하며 牽引力, 주행저항, 車輪의 沈下등이 이에 포함된다. 牽引力은 驅動輪이 차축으로부터 토크를 받아 土壤과의 상호작용에 의해 발생시키는 土壤推進力에서 주행저항을 제외한 값을 의미한다. 沈下量은 기하학적인 從屬變數이므로 특별한 의미를 갖는다. 沈下量은 각각의 車輪에 따른 척도 관계에서 중요한 자료가 된다.

이번 實驗에서는 牽引力과 기하학적으로 중요한 의미를 갖는 沈下量만을 分析하였다.

Table 2. Dependent wheel-soil system parameters.

Parameters	Symbol	Dimensions
Pull	p	$ML T^{-2}$
Sinkage	z	L

3) Pi項의 決定

分析 A에 있어서는 車輪-土壤 시스템에 관계되는 變數는 모두 12개로서 Buckingham의 Pi 정리에 의해 기본 次元의 갯수 3개를 뺀 9개의 Pi項을 만들 수 있다.

일반적으로 牽引力은 車輪의 動荷重에 대한 비로써 표시된다. 기하학적인 變數들은 車輪의 직경과 같은 길이에 대한 비로 표현된다.

마찰각  $\mu$ 와 러그의 각 $\theta$  그리고 슬립 s는 무차원 량이므로 그대로 Pi項을 만들 수 있다. 나머지 Pi項들은 Rayleigh의 방법에 의해 구하여 표3과 같이 정리하였다.

分析 B에서도 分析A와 같은 방법으로 11개의Pi

項을 만들어 표 3에 정리하였다.

Table 3. List of Pi terms

Analysis A	Analysis B
$\pi_1 = p/w$	$\pi_1 = p/w$
$\pi_2 = z/d$	$\pi_2 = z/d$
$\pi_3 = b/d$	$\pi_3 = b/d$
$\pi_4 = \lambda/d$	$\pi_4 = \lambda/d$
$\pi_5 = s$	$\pi_5 = s$
$\pi_6 = \mu$	$\pi_6 = \mu$
$\pi_7 = \theta$	$\pi_7 = \theta$
$\pi_8 = gd/v^2$	$\pi_8 = \phi$
$\pi_9 = CId^2/w$	$\pi_9 = gd/v^2$
	$\pi_{10} = \gamma d^3/w$
	$\pi_{11} = cd^2/w$

표 3에 나타나 있는 Pi項들 사이의 함수적 관계는 다음과 같다.

分析A

$$p/w, z/d = F(b/d, \lambda/d, s, \mu, \theta, gd/v^2, CId^2/w) \quad (1)$$

分析B

$$p/w, z/d = F(b/d, \lambda/d, s, \mu, \phi, gd/v^2, \gamma d^3/w, cd^2/w) \quad (2)$$

#### 4) 設計條件의 調節

모델理論에 의하면 모델에 의해 原型의 性能을 正確히 豫測하기 위해서는 표 4와 같은 設計條件을 만족시키지 않으면 안된다.

Table 4. Design conditions.

Analysis A	Analysis B
(1) $(b/d)_m = b/d$	(1) $(b/d)_m = b/d$
(2) $(\lambda/d)_m = \lambda/d$	(2) $(\lambda/d)_m = \lambda/d$
(3) $S_m = S$	(3) $S_m = S$
(4) $\mu_m = \mu$	(4) $\mu_m = \mu$
(5) $\theta_m = \theta$	(5) $\theta_m = \theta$
(6) $(gd/v^2)_m = gd/v^2$	(6) $\phi_m = \phi$
(7) $(CId^2/w)_m = CId^2/w$	(7) $(gd/v^2)_m = gd/v^2$
	(8) $(\gamma d^3/w)_m = \lambda d^3/w$
	(9) $(cd^2/w)_m = cd^2/w$

그리고 표의 設計條件이 완전히 만족된다면 分析 A, B에서 다음과 같은 추정식을 얻을 수 있다.

$$\pi_{1m} = \pi_1$$

$$\pi_{2m} = \pi_2$$

여기서 m은 모델을 의미한다. 그러나 많은 變數들 사이의 상호관계를 모두 實驗적으로 규명하기 위해서는 많은 양의 實驗을 필요로 하게 될 것이며, 모든 設計條件을 만족시킨다는 것은 거의 불가능하다. 따라서 實驗條件을 土壤의 적절한 加工 등에 의해 조절하고 또한 設計條件에 맞게 모델과 原型을 設計하고, 車輪과 土壤 시스템에 영향이 미약하고 가정이 되는 變數를 제외시킴으로서 필요한 정보만을 얻을 수 있는 實驗의 크기로 줄이는 것이 필요하다.

分析 A에 있어서 設計條件(1), (2)는 모델과 原型 車輪의 모든 길이척도(Length scale,  $n_l$ )를  $d/d_m = n_l$ 에 따라 제작 사용하면 성립한다. 設計條件(3)은 原型과 모델 車輪의 슬립을 동일하게 유지하면 성립되며, 또한 設計條件(4)는 土壤의 강도가 약한 경우에는 車輪의 性能에 거의 영향을 미치지 않으므로 제외시켰다. (3)

중력가속도는 모델과 原型에 대해 거의 동일하며, 車輪의 속도는 0.15~1.5m/s의 범위에서는 슬립이 일정할 경우 牽引力에 큰 영향을 미치지 않으므로 보고되고 있으므로 (1) 設計條件(6)은 제외시켰다.

分析 B에 있어서도 設計條件(1)~(7)은 分析 A와 같은 방법에 의해 성립하게 된다. 實驗에 사용된 土壤은 砂土이므로 C 값은 아주 적을 것으로 판단되어 設計條件(9)는 제외시켰다. 따라서 分析 A, B에 따른  $\pi$ 항을 다시 정리하면 다음과 같다.

1) 分析A

$$p/w = f_1(CId^2/w), z/d = f_2(CId^2/w)$$

2) 分析B

$$p/w = f_3(\gamma d^3/w), z/d = f_4(\gamma d^3/w)$$

### 3. 材料 및 方法

가. 供試材料

1) 實驗車輪

모델車輪들은 原型車輪에 대해 완전한 모델이 될

Table 5. Design specification of test wheels.

Item Dia. (cm)	Wheel width (cm)	Length scale	D B	Lug length (cm)	Lug pitch (cm)	Lug angle (°)	Lug width (cm)	Lug height (cm)	Lug base (cm)
90	22.5	1	4	16.6	20.01	50	3.6	3.6	4.5
75	18.75	1.2	4	13.9	16.67	50	3	3	3.75
60	15	1.5	4	11.1	13.34	50	2.4	2.4	3.0
45	11.25	2	4	8.3	10	50	1.8	1.8	2.25

수 있도록 기존의 車輪을 사용하지 않고 제작하여 사용하였다. 車輪의 접지면과 측면부는 철판으로 만들었으며, 접지면에는 국내에서 생산되고 있는 가장 보편적인 농용트랙터의 러그 형상을 고려하여 고무와 철판으로 만들어진 러그를 접착제와 볼트로 고정하였다.

原型車輪의 직경은 90cm이고, 이에 대한 모델車輪들의 직경은 75, 60, 45cm이다. 표 5는 각車輪의 규격 및 치수를 보여주고 있다.

2) 實驗 土壤

實驗에는 砂土가 사용되었으며 표 6은 實驗土壤의 물리적 성질을 보여주고 있다.

Table 6. Test soil properties by USDA classification.

Composition			Texture
Sand (%)	Silt (%)	Clay	
96.3	3.3	0.4	Sand

나. 實驗 裝置

車輪과 土壤간의 상호작용을 정확히 이해하고 건인 장치의 성능을 향상시키기 위해서는, 측정 장치로부터 정확하고 신뢰성 있는 데이터를 얻을 필요성이 있다.

그러나 일반 土壤에서의 實驗은 土壤狀態의 불균일과 조절 불가능, 또 동일 상태에서 동일 實驗의 재현이 불가능하고, 날씨 등에 의한 實驗시기의 제한 및 기타 實驗 외적인 요인에 의해 많은 영향을 받음으로써 신뢰성 있는 데이터를 얻기가 어렵다. 따라서 이러한 야외포장 實驗의 문제점을 보완하고 車輪과 土壤간의 상호 작용을 정확히 이해하며 신뢰성 있는 데이터를 얻기 위해 人工土槽 시스템을 이용하여 實驗하였다.

人工土槽에서 車輪의 성능을 측정하기 위한 자료 수집 시스템의 전체 구성도는 그림 1과 같다.

다. 實驗方法

1) 土壤 加工

土壤加工은 實驗사이에 필요한 土壤狀態를 만들

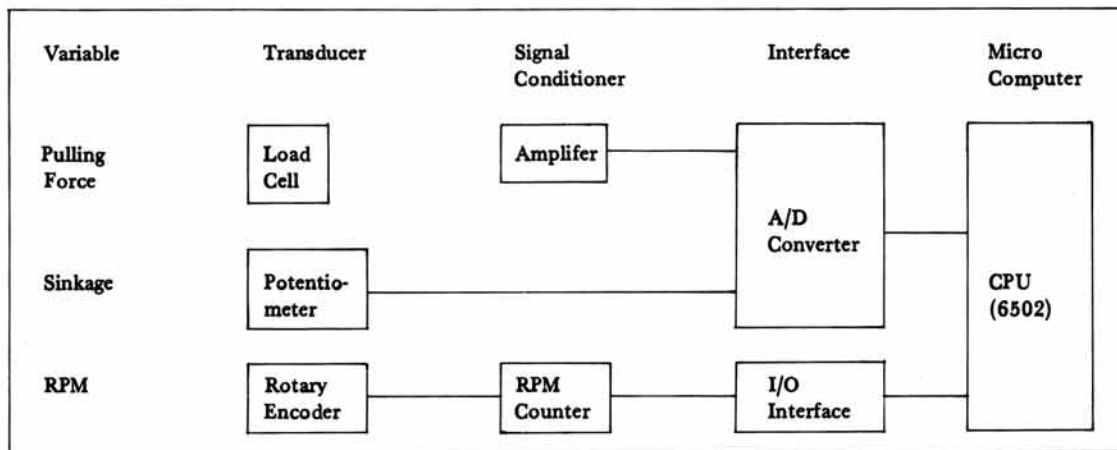


Fig. 1. Schematic diagram of data acquisition system for soil bin experiment

기 위해서 土壤加工 臺車를 이용하였다. 그 순서와 횡수는 土壤狀態에 따라 일정하게 하였다.

2) 土壤物理性 測定

가) 圓錐指數

圓錐指數는 SR-2 모델의 콘페니트로미터를 이용하여 측정하였다. 이 콘페니트로미터의 원추각은 30°이고 저면적이 6cm<sup>2</sup>이었다. 圓錐指數는 임의의 세 곳을 선정하여 5, 10, 15, 20, 30cm 깊이에서 측정하여 평균값을 이용하였다.

나) 걸보기 密度

土壤의 걸보기 密度는 용량이 100cc인 土壤 채취관을 이용하여 土壤의 加工이 끝난 직후에 측정하였다. 土壤의 걸보기 密度는 표면의 土壤을 걷어낸 후 약 2~8 cm, 12~18cm의 두 깊이에서 그리고 土槽에서 임의의 세 곳을 선정하여 측정하였다.

다) 土壤 剪斷力 變數

土壤의 점착력과 내부마찰각은 역시 SR-2 모델의 土壤 剪斷力 측정장치에 의해 측정하였다.

3) 車輪 性能 測定 方法

實驗 車輪의 牽引力, 沈下量을 측정하기 위하여는 이미 앞에서 언급한 人工土槽用 자료수집 시스템을 이용하였다.

모래의 경우 車輪의 슬립은 일반적으로 50%내외의 범위에서는 車輪이 牽人力에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보고되고 있다. 따라서 車輪의 속도와 測定臺車의 속도를 조정하여 車輪의 슬립을 약 60%로 고정하여 性能實驗을 수행했다. 이번 實驗에서는 測定臺車의 속도를 약 0.17m/s로 고정하였으며 測定 車輪의 속도는 0.4m/s로 하였다. 實驗 車輪에 가하는 動荷重은 필요량에 따라 車輪 후레임에 중량을 가감함으로써 조절하였으며 車輪 후레임보다 적은 動荷重은 카운터 밸런스 중량을 가감함으로써 조절하였다.

實驗車輪에 대한 動荷重은 트랙터 또는 경운기 車輪의 크기와 실제 動荷重을 고려하여 가장 큰 動荷重을 택하였으며 이를 포함하여 이보다 적은 6수준의 動荷重을 채택하였다. 90cm 직경의 車輪을 原型으로 간주하였을때 모델車輪들의 動荷重은  $l/n^2$ 에 의해 구하였다. 여기서 n은 모델에 대한 原型의 길이척도(length scale)이다. 모든 實驗은 2반

복으로 수행하였다.

4. 結果 및 考察

본 實驗은 砂土의 수분함량이 거의 없는 0.3%와 5%의 두 수준에 대해 수행 되었으며, 편의상 전자를 건조한 砂土 후자를 습한 砂土라고 칭하기로 한다. 分析은 土壤 變數로서 圓錐指數만을 포함하는 分析A와 土壤 剪斷力 變數와 密度를 포함하는 分析B로 나누어서 하였다. 車輪 土壤 시스템의 實驗的 연구에 차원해석법을 적용한다는 것은 相似인 시스템들의 거동은 유사할 수 있다는 가정이 내포되어 있다. 따라서 서로 相似인 原型車輪과 모델車輪에 대해 獨立變數들을 포함하고 있는 Pi 항을 체계적으로 변화시켜 가면서 實驗을 수행하였을때 性能을 나타내는 Pi 항이 車輪의 크기에 관계없이 豫測할 수 있는 값을 갖게 되면, 모델과 原型시스템의 거동은 유사하다고 볼 수 있다. 즉 進 모델 豫測이 가능하다.

본 연구에서는 모델과 原型의 동력학적인 거동을 비교하기 위해서  $p/w$  를, 기하학적인 유사성을 검토하기 위하여는  $z/d$  를 이용하였다.

가. 分析 A

그림 2는 건조한 砂土에 있어서 車輪의 性能에 영향을 미치는 獨立變數들을 포함하고 있는 Pi 항인  $Cl.d^2/w$ 와 車輪의 性能을 나타내는 從屬變數를 포함하고 있는 Pi 항인  $p/w$ 와의 관계를 보여주고 있다.

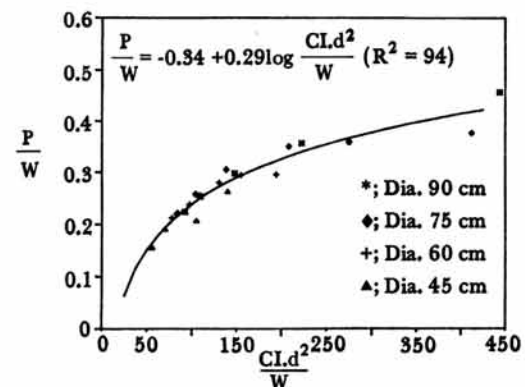


Fig. 2. Relationship between dimensionless terms  $\frac{P}{W}$  vs.  $\frac{Cl.d^2}{W}$  on dry sand

CL.d<sup>2</sup>/w 에서 d 는 原型 車輪과 모델 車輪을 서로 相似的으로 제작하였기 때문에 車輪의 性能에 영향을 미치는 獨立變數로는 車輪에 대한 動荷重(w) 과 土壤剪斷力 變數(CI)이다. 따라서 W와 CI를 체계적으로 변화시키면서 實驗을 수행하였을때 모델과 原型車輪의 性能이 유사한 경향을 보이면 진모델 豫測이 가능한 것으로 판단된다. 그림 2에서 볼 수 있듯이 모든 점들은 일정한 경향을 보이면서 변화하고 있고 實驗치를 포함시켜 구한 회귀 방정식의 그래프에서 1% 수준에서 유의성이 있었다. 따라서 모델과 原型車輪의 거동은 유사하며, 모델에 의해 原型車輪의 牽引性能을 豫測할 수 있는 것으로 나타났다. 이와 같은 경향은 건조한 砂土에 대해 여러번의 實驗을 수행하여 비교한 결과 거의 비슷하였으며, 그중 대표적인 그래프가 그림 2이다. 그림 3은 습한 砂土에 있어서의 그래프의 한 예로서 역시 건조한 砂土와 거의 같은 경향을 보이고 있으며 진모델 豫測이 가능한 것으로 나타났다.

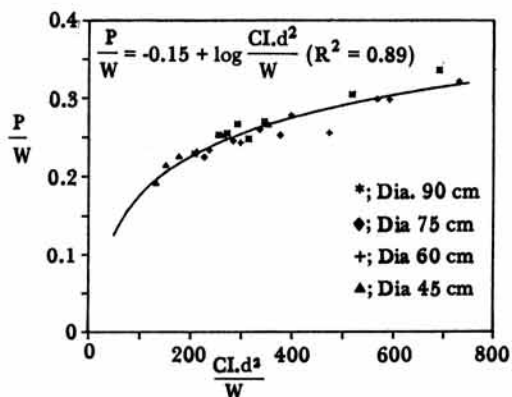


Fig. 3. Relationship between dimensionless terms

( $\frac{P}{W}$  vs.  $\frac{CI.d^2}{W}$ ) on wet sand.

따라서 砂土에 있어서는 건조한 경우와 습한 경우 모두에 있어서 진모델 豫測이 가능한 것으로 나타났으며 圓錐指數는 剛車輪의 牽引力을 豫測하는데 필요한 土壤變數를 나타내는데 충분하다고 판단된다.

그림 4는 건조한 砂土에 있어서 CL.d<sup>2</sup>/w 과 z/d의 관계를 나타낸 그래프로서 이 그래프에서도 모든 점들은 일정한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다.

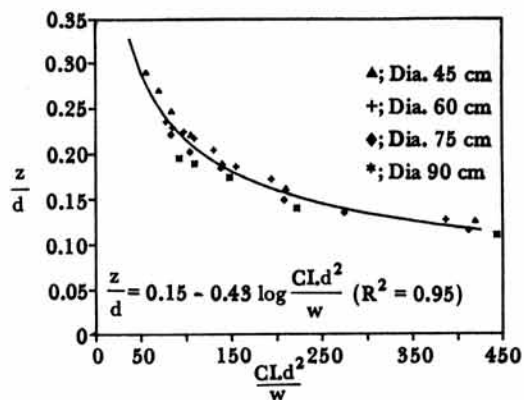


Fig. 4. Relationship between dimensionless terms

( $\frac{z}{d}$  vs.  $\frac{CI.d^2}{W}$ ) on dry sand.

즉 건조한 砂土에 있어서 土壤變數로서 圓錐指數를 이용했을때 모델車輪은 原型車輪의 沈下를 豫測할 수 있는 진모델이 되는 것을 의미한다. 이 그래프도 역시 여러 實驗에서 얻은 대표적인 그래프로서 대부분의 實驗에서도 비슷한 경향을 얻었다.

그림 5는 습한 土壤에 있어서 CL.d<sup>2</sup>/w 과 z/d의 관계를 나타낸 그래프로서 역시 그림 4와 비슷한 경향을 보이고 있다.

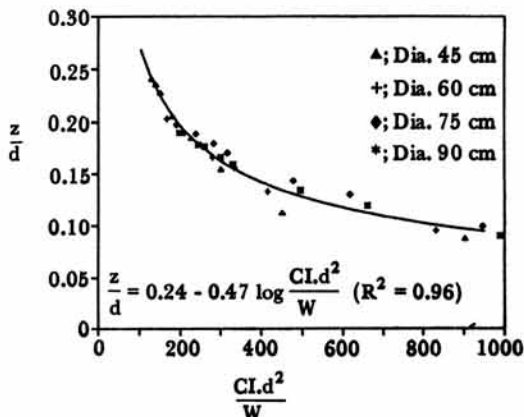


Fig. 5. Relationship between dimensionless terms

( $\frac{z}{d}$  vs.  $\frac{CI.d^2}{W}$ ) on wet sand.

위의 결과로 미루어 圓錐指數는 車輪-土壤 시스템에 영향을 미치는 土壤의 물리적 특성을 하나의 지수로 충분히 나타냄으로서 모델車輪이 原型車輪의 牽引性能과 沈下를 豫測하는데 歪曲이 나타나지 않는 것으로 판단된다. 즉 진모델 豫測이 가능

하다.

나. 分析 B

그림 6 과 7 은 건조한 砂土와 습한 砂土에 있어서  $p/w$ 와  $rd^3/w$ 과의 관계를 보여주고 있다.

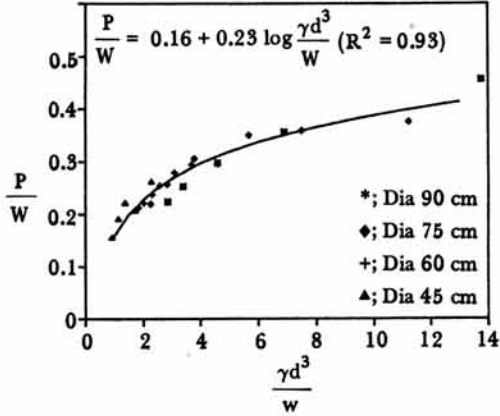


Fig. 6. Relationship between dimensionless terms

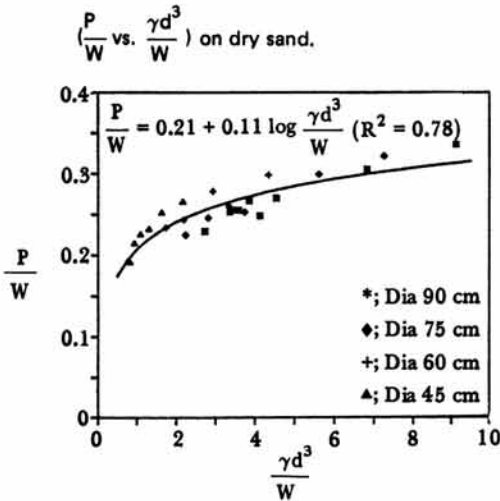


Fig. 7. Relationship between dimensionless terms

$(\frac{P}{W}$  vs.  $\frac{\gamma d^3}{W}$ ) on wet sand.

이 두 그래프는 많은 實驗의 결과중 일부로서 대부분 비슷한 경향을 보였다. 두 그래프 모두에서 車輪의 牽引 性能을 나타내는 모든  $P_i$ 항들은 車輪의 牽引 性能에 영향을 미치는 從屬變數를 포함하고 있는  $P_i$ 항에 따라 일정한 경향을 보이고 있으며, 모든 實驗值를 포함시켜 얻은 회귀방정식의 그래프로부터 대부분 가까이 분포하고 있다. 두 그래프 모두 1% 수준에서 유의성이 있었다. 따라서 土壤의

剪斷力 變數와 密度도 車輪-土壤 시스템의 牽引力 豫測에 필요한 土壤變數로서 충분하다고 판단된다.

그림 8 과 9 는 건조한 砂土와 습한 砂土에 있어서  $z/d$ 와  $rd^3/w$ 과의 관계를 보여 주고있다.

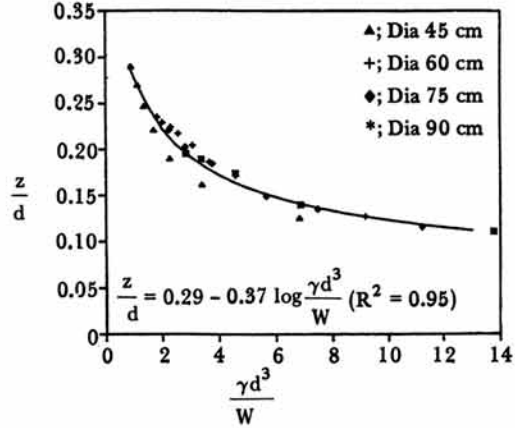


Fig. 8. Relationship between dimensionless terms

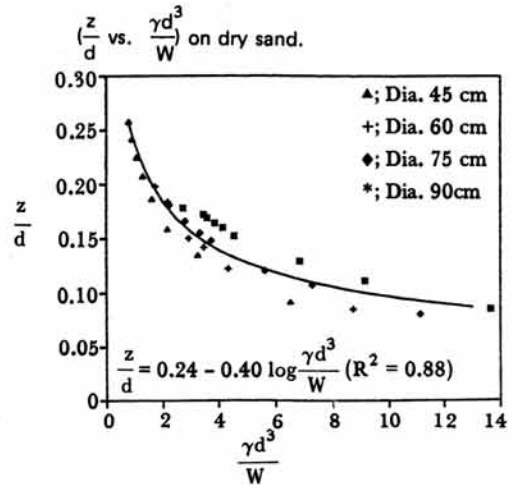


Fig. 9. Relationship between dimensionless terms

$(\frac{z}{d}$  vs.  $\frac{\gamma d^3}{W}$ ) on wet sand.

이 두 그래프도 역시 많은 實驗 결과중 일부로서 다른 實驗 결과도 이와 비슷한 경향을 보였다. 두 그래프 모두에 있어서 모든 實驗值들은 일정한 경향을 갖고 있어 獨立變數의 변화에 따라 從屬變數의 변화를 豫測할 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 車輪-土壤 시스템의 沈下量 豫測에 필요한 土壤 變數로 土壤 剪斷力 變數와 密度는 진모델 豫測에 필요한 土壤의 물리적 특성을 나타낼 수 있다고

판단된다. 그러나 측정상의 편리함등을 고려하였을 때 圓錐指數가 土壤指數가 土壤 剪斷力 變數와 密度에 비해 좀더 간편하다고 판단된다.

### 5. 結 論

본 實驗은 砂土에 있어서 車輪-土壤 시스템의 牽引性能과 沈下量에 영향을 미치는 土壤變數들을 검토하여, 선정된 土壤 變數에 따른 모델車輪의 原型車輪에 대한 性能 豫測 가능성을 검토하기 위해 수행되었다. 原型 車輪으로는 직경 90cm, 모델車輪으로는 75, 60, 45cm의 세 車輪이 이용되었으며, 車輪들은 완전한 모델이 되기 위해 제작하여 사용하였으며, 實驗條件의 조절 가능성을 높이기 위해 人工 土槽 시스템이 이용되었다. 實驗 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 砂土에 있어서 세 모델 車輪들은 原型車輪의 牽引력과 沈下量을 歪曲없이 豫測할 수 있는 진모델로 판단되었다.
2. 따라서 砂土에 있어서 車輪-土壤 시스템에 영향을 미치는 土壤의 물리적 특성으로는 圓錐指數(CI) 또는 土壤 剪斷力 變數(C,  $\phi$ )와 겉보기 密度( $\gamma$ ) 모두가 적절한 것으로 나타났으나 원추지수의 측정이 좀더 간편하다고 판단된다.

### 參 考 文 獻

1. Clark, S.J. and J.B. Liljedahl, 1969. "Model Studies of Single, Dual and Tandem Wheels." Trans. of the ASAE 12: 240-245.
2. Donald, F.Y. 1968. "Similitude of Soil-Machine Systems." Trans. of the ASAE 11: 653-657.
3. Freitag, D.R. 1965. "A Dimensional Analysis of the Performance of Pneumatic Tires on Soft Soils." Unpublished Ph.D. Thesis. Auburn Univ. Auburn. Ala.
4. Murphy, G. 1966. "Application of Similitude to Agricultural Engineering Research." Trans. of the ASAE 9: 637-640.
5. Pierrot, V.C. and W.F. Buchele. 1968. "A Similitude of an Unpowered Pneumatic Tire." Trans. of the ASAE 11: 673-676.
6. Wismer, R.D., D.R. Freitag, and R.L. Schafer. 1976. "Application of Similitude to Soil - Machine Systems." Journal of Terramechanics 13: 153-182.



### 學 位 取 得

姓 名: 崔 昌 鉉  
 生 年 月 日: 1956. 1. 19  
 取 得 學 位 名: 工學博士 (Ph.D)  
 學 位 授 與 大 學: Iowa State University  
 學 位 取 得 年 月 日: 1988. 12. 17  
 學 位 論 文: "Automatic Guidance System for Farm Tractor"

"트랙터의 자동조향장치"