

# 耕耘性能 向上을 위한 쟁기 犁體의 適正 設計에 關한 研究 (I)

— 쟁기 犁體曲面的 幾何學的 特性 —

## Optimum Design of Jaenggi(Korean plow) Bottoms to Improve the Tillage Performance(I)

—The Geometrical Characteristics of the Jaenggi Bottoms—

鄭 昌 柱\*, 韓 明 範\*

C. J. Chung, M. B. Han

### Summary

The geometrical shape of a plow bottom may be the most important factor affecting the performance of a plow for a given soil and operating conditions. There are various designs of the Jaenggi (Korean plow) available commercially, which may be different from each other and from the plow (Western plow) in respect to the shape and performance.

This study was intended to investigate the geometrical characteristics of Jaenggi. The coordinate digitizer equipped with 3 potentiometers was designed and manufactured for measurement of the shape of curved plane of moldboard and share. The digitizer was connected to a microcomputer having the data acquisition system. This device was used to analyze the plow bottoms of 5 differently-made Jaenggis and one cylindrical plow.

The results of the study are summarized as follows:

1. It was possible to measure easily and quickly the curved plane of plow bottom and to plot the view on three major plans using the coordinate digitizer electrically connected to a micro-computer system.
2. The shape of five Jaenggi bottoms analyzed could be characterized by the cutting angle having the range of  $33-42^\circ$ , the maximum share-lift angle of  $41-50^\circ$ , and the setting angle of moldboard wing of  $46-70^\circ$ . The most critical difference of the shape factors between the Jaenggi and the plow was found in the maximum share-lift angle, the former was more than twice as much as the latter.
3. The analysis of the shape of Jaenggi bottoms showed that the share projections on 3 major plans had a varied triangle, which was quite different from that of plow bottom. Especially, it was analyzed that the shape of furrow slice for the Jaenggi had a skewed rectangle, leaving a considerable height of the ridge at the furrow bottom.
4. The dihedral angle was similar range of  $30-85^\circ$  for the all bodies investigated, but the directional angle was somewhat different from each other. The difference in directional angle

---

\*本 研究는 産學協同財團의 研究費 支援으로 遂行된 것임.

\*서울大學校 農科大學 農工學科

was 5° for the plow, 20° for the Jaenggi A and 30° for the Jaenggi B.

5. Area of the spherical representation region was 0.0328 for the plow, 0.1194 for the Jaenggi A and 0.1716 for the Jaenggi B. This may indicate that the plow came close to a working surface and the Jaenggi A and the Jaenggi B departed from a working surface to a somewhat greater extent.

## 1. 緒論

쟁기犁體曲面的幾何學的形狀은 주어진土壤狀態와作業條件에 있어 쟁기의耕耘性能을決定하는 중요한要因중의 하나이다. 그러나, 現在 우리나라에서 널리使用되고 있는 쟁기는 외국의플라우와는 달리 그의構造의形狀을 설명할 要因들에 대한研究와 이들 形狀要因이 耕耘性能에 미치는 영향에 대한 全般的인 研究가 未洽한 실정이다. 따라서 本研究에서는 마이크로컴퓨터를 利用하여 쟁기犁體曲면을測定할 수 있는測定裝置를開發하였으며 쟁기犁體曲面 形狀의測定·分析을 통하여犁體의構造의特性을 究明함으로써 쟁기改良·設計의 기초 자료를 마련하고자 하였다.

## 2. 研究史

플라우나 쟁기의構造의特性에 관한研究는 이들作業機 간의比較와 分析은 물론 牽引抵抗을減少시켜 에너지 人力을 最少로 하는 適正作業機를設計하려는데 그 一次的인 目的이 있었다. 우리나라에서는 1960年以來 耕耘抵抗을減少시키고 동시에深耕을圖謀하기爲하여 쟁기의보습, 벼, 바닥 등의改良에 대하여 研究하기 시작하였으며, 1962年에 韓登<sup>4)</sup>에 의해深耕用 쟁기로서試作機가 소개되었으며 이것과 재래식 쟁기에 대한構造의特性和耕耘性能이比較 研究되었다. 鄭登(1970)<sup>5)</sup>은 牽引抵抗을形成하는 諸要因의相互間的關係와 耕深變化에 따른 牽引抵抗을 分析하였다. 이 研究에서 효율적인 쟁기設計에 影響을 주는 중요한 因子는 耕起角, 金屬과土壤間的摩擦係數, 作業機의 접촉면적 등이라고 報告하였다.

外國의 경우 White (1918)<sup>6)</sup>은 플라우의 曲面은 拋物面의 방정식으로 表示할 수 있다고 報告하였다. Nicholas 등(1932)<sup>7)</sup>은 플라우 曲面上的의 座標를測定하기 위하여 水平變位角과 垂直變位角 및 원점에서

의 거리를測定할 수 있는 간단한 機械的裝置를 使用하여 플라우의 構造의 特性에 관한 研究를 하였다. Soehne(1962)<sup>8)</sup>은 플라우의 形態에 따라 牽引抵抗에 차이가 있음을 發見하고 플라우의 重要한 形狀要因을 作業幅(working width), 耕深(working depth), 最大모울드보드 높이(max. moldboard height), 쉐어先端角(share point angle), 耕起角(share lift angle), 發土角(lateral direction angle)으로 規定하였다. H. Bernacki 등(1972)<sup>9)</sup>은 플라우 曲面上的의 等高線을測定·比較하여 플라우를 기하학적 形狀에 따라 圓筒型(cylindrical), 橢圓柱型(cylindroidal), 半螺線型(semihelical), 螺線型(helical)의 4 종류로 分類하였으며 보습의 形態를 規定하는 要素로서 負荷角(load angle), 切斷角(cutting angle), 設置角(setting angle)을 提示하였고 반전효과에 影響을 주는 벼의 形狀은 모울드보드 翼의 設定角(setting angle of moldboard wing)으로 規定하였다. Emmet 등(1983)<sup>10)</sup>은 가변저항을 利用한 座標測定裝置를 開發하여 플라우 曲面上的의 토양 입자의 軌跡曲線을測定, 分析하였으며 이를 토대로 所要牽引力을 예측하는 模型을 提示하였다. Gyachev(1986)<sup>11)</sup>은 플라우의 曲面을 球面表示法(spherical representation)으로 表示하여 플라우 曲面의 幾何學的 特性을比較, 分析하였다.

## 3. 材料 및 方法

### 가. 供試材料

쟁기의構造의 特性을 規定지을 수 있는 要因을 究明하기 위하여 實驗은 現在 우리나라에서 耕耘作業時 널리 使用되는 8馬力 動力耕耘機 附着用 쟁기와 소형 트랙터용 1련 플라우를 對象으로 實施하였다. 특히 現在 普及되어 있는 쟁기는 製作社에 따라 構造의 差異가 있으므로 5個社의 쟁기를 蒐集하여 實驗에 使用하였다.

나. 測定裝置 및 測定方法

1) 測定裝置의 構造 및 測定方法

쟁기 曲面上의 임의의 점의 座標를 測定하기 위하여 회전정밀가변저항을 利用한 座標測定裝置가 使用되었다. 座標測定裝置에 의하여 測定된 값은 아날로그 量이므로 A/D變換器를 使用하여 디지털 量으로 變換시킨 후 마이크로컴퓨터에 入力되도록 하였다. 入力된 값은 分析을 위한 자료로 活用하기 위하여 플로피 디스켓에 저장되도록 시스템을 구성하였다. Fig. 1은 座標測定 시스템의 構成圖를 나타낸 것이다.

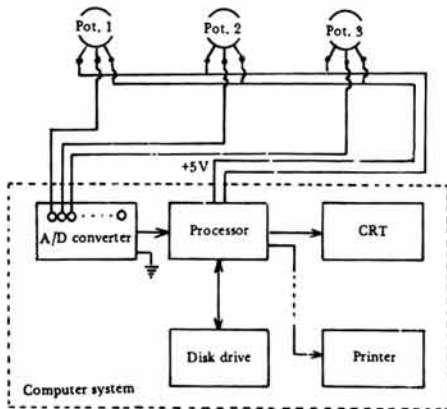


Fig. 1. Schematic of Data Acquisition system.

가) 마이크로컴퓨터

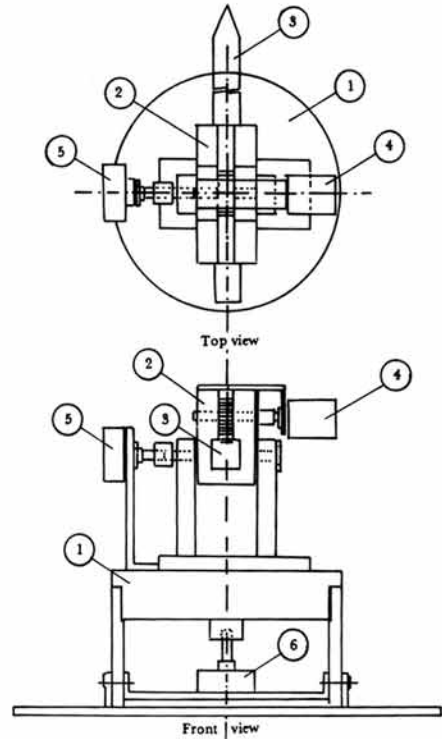
本 研究에 使用된 마이크로컴퓨터는  $\mu$ PD780C-1 (Z-80A) 집적 회로를 CPU로 使用한 NEC社의 PC-8001mk II이다.  $\mu$ PD780C-1 CPU는 命令數가 多樣하고 處理速度가 빠르며 介入中斷 機能으로 記憶番地를 자유로이 使用할 수 있고 주변의 LSI가 여러 개 연결되어도 표준적인 接續으로 介入中斷 處理가 되어 制御計測의 應用에 편리하며 高解像度의 그래픽 機能을 가지고 있다.

나) A/D變換器 (Analog to Digital Converter)

本 研究에 使用된 A/D變換器는 ADC80H-AH-12로서 變換時間은  $25\mu$ S이며, 12bit의 分解能을 갖고 8 채널의 멀티플렉서를 내장하고 있다.

다) 座標測定裝置 (Coordinate Digitizer)

座標測定裝置는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 회전부, 수직 운동을 하는 슬리브, 지침봉의 세 부분으로 構成되어 있다. 수평角變位 ( $\theta$ )와 수직角變位 ( $\phi$ )



Item No.	Description
1	Rotating element
2	Rotating sleeve
3	Long pointing rod
4	10 turn 5k $\Omega$ Potentiometer
5	1 turn 5k $\Omega$ Potentiometer
6	1 turn 5k $\Omega$ Potentiometer

Fig. 2. Schematic diagram of the coordinate digitizer.

를 測定하기 위하여 1-turn 5K $\Omega$ 의 정밀가변저항을 각각 使用하였고 기준점과 測定하고자 하는 점간의 직선거리(R)를 測定하기 위하여 10-turn 5K $\Omega$ 의 정밀가변저항을 使用하였다.

(1) 길이 測定

기준점으로부터 測定하고자 하는 點까지의 길이를 測定하기 위하여 슬리브상에서 直線運動을 하는 指針棒의 直線 變位量을 래크기어를 利用하여 回轉 變位量으로 變換시켰다. 指針棒의 直線 變位에 상응하는 기어의 回轉 變位量을 測定하기 위하여 10-

turn 5 KΩ의 정밀가변저항을 기어 회전축에 고정시켜 최종적으로 指針棒의 直線 變位량이 정밀가변저항에 의해 저항 變位량으로 나타나게 하였다.

(2) 垂直角 測定

기준축상의 원점과 測定하고자 하는 點 간의 수직각을 測定하기 위하여 슬리브의 回轉軸에 1-turn 5 KΩ의 가변정밀저항을 부착시켜 垂直角 變位량이 抵抗 變位량으로 나타나게 하였다.

(3) 水平角 測定

기준축 상의 원점과 測定하고자 하는 點 간의 水平角을 測定하기 위하여 回轉部의 中心軸에 1-turn 5 KΩ의 가변정밀 저항을 부착시켜 水平角 變位량이 抵抗變位량으로 나타나게 하였다.

2) 資料蒐集 및 處理 프로그램

가) 資料蒐集 프로그램

座標測定裝置에서 出力되는 3개의 아날로그 信號를 받을 수 있도록 A/D變換器의 入力채널 3개 (0~2)를 지정하였고 各 채널을 통하여 들어오는 아날로그 信號를 읽어들이어 플로피 디스켓에 저장시키는 프로그램을 BASIC 言語로 作成하였다. Fig. 3은 데이터 蒐集 프로그램의 流通圖이다.

나) 座標變換 및 그래픽 프로그램

座標測定裝置에 의해 測定된 點의 點의 極座標

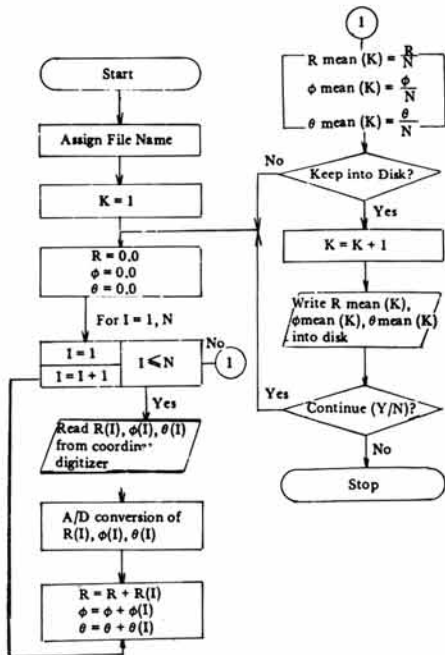


Fig. 3. Flow Chart for Data Acquisition Program.

$$\begin{cases} X \\ Y \\ Z \end{cases} = \begin{cases} \cos\psi\cos\theta & \sin\psi\cos\theta & -\sin\theta \\ -\sin\psi\cos\theta & \cos\psi\cos\theta & \cos\theta\sin\theta \\ +\cos\psi\sin\theta\sin\phi & +\sin\psi\sin\theta\sin\phi & \cos\theta\cos\phi \\ \sin\psi\sin\theta & -\cos\psi\sin\theta & \cos\theta\cos\phi \\ +\cos\psi\sin\theta\cos\phi & +\sin\psi\sin\theta\cos\phi & \end{cases} \begin{cases} X \\ Y \\ Z \end{cases} \quad (1)$$

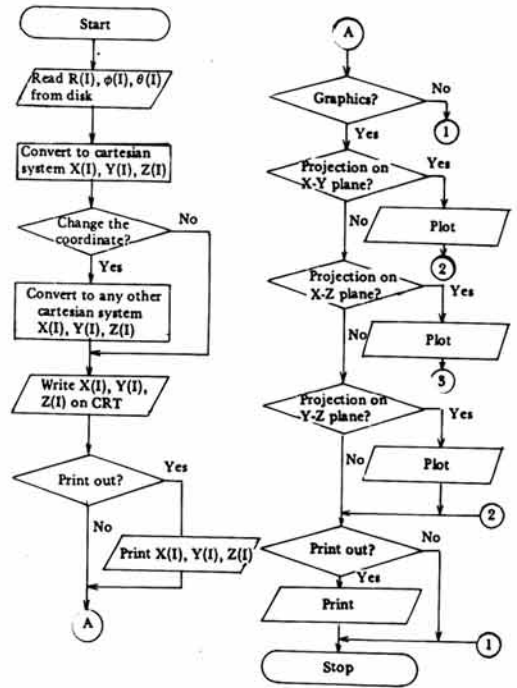


Fig. 4. Flow chart for coordinate conversion and graphic program.

(R, φ, θ)를 直交座標로 變換시키면  $X=R \cdot \cos \phi \cdot \cos \theta$ ,  $Y=R \cdot \cos \phi \cdot \sin \theta$ ,  $Z=R \cdot \sin \phi$ 가 된다. 다시 直交座標 (X, Y, Z)를 임의의 直交座標 (x, y, z)로 變換시키기 위하여 Euler角을 利用하면 座標軸 回轉에 따른 관계식을 (1)식과 같이 나타낼 수 있다 (Greenwood<sup>5)</sup>). 이상의 관계식에 根據하여 쟁기의 犁體線圖를 그리는 그래픽 프로그램을 作成하였다. Fig. 4는 座標變換 프로그램과 그래픽 프로그램의 流通圖이다.

다. 實驗方法

本 研究에서는 쟁기 보습날 끝이 進行하는 方向을 X축으로 하고, X軸과 垂直을 이루는 平面上的

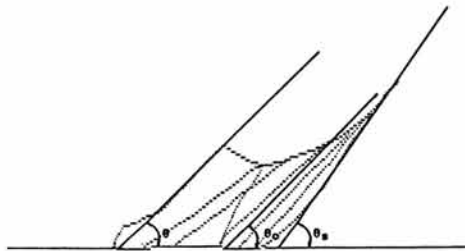
鉛直方向을 Z軸으로 하였으며 X-Z平面에 垂直인 方向을 Y軸으로 設定하였다. 쟁기 曲面上의 點의 座標는 設定된 直交座標를 基準으로 하여 座標測定裝置를 利用하여 測定하였다. 측정된 쟁기 曲面上的의 座標로부터 犁體線圖를 구하였으며 犁體線圖의 分析을 통하여 쟁기의 구조적 特性을 究明하였다.

#### 4. 結果 및 考察

##### 가. 쟁기의 形狀要因(Shape parameters)

쟁기의 보습과 벗은 連續인 曲面的 形態를 갖는 構造로서 그 構造의 差異가 흙의 剪斷, 破壞, 耕起, 反轉등의 作用뿐 아니라 牽引性能을 달리한다.

Fig. 5와 6은 座標測定裝置를 利用하여 구한 犁體線圖를 나타낸 것이다. 이들을 살펴보면 쟁기의 보습은 플라우와는 달리 三面圖에서 모두 삼각형의 형태로 나타났으며, 벗의 形態에 있어서도 連續的



- Cutting angle :  $\theta$
- Lateral direction angle :  $\theta_0$
- Setting angle of moldboard wing :  $\theta_s$
- Max. share lift angle :  $\gamma$
- Width :  $W$
- Steepness :  $L/H$

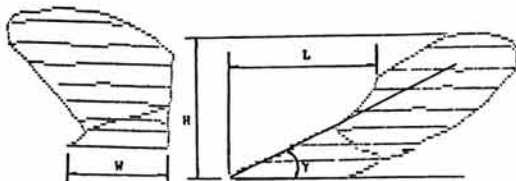


Fig. 5. Shape parameters of plow.

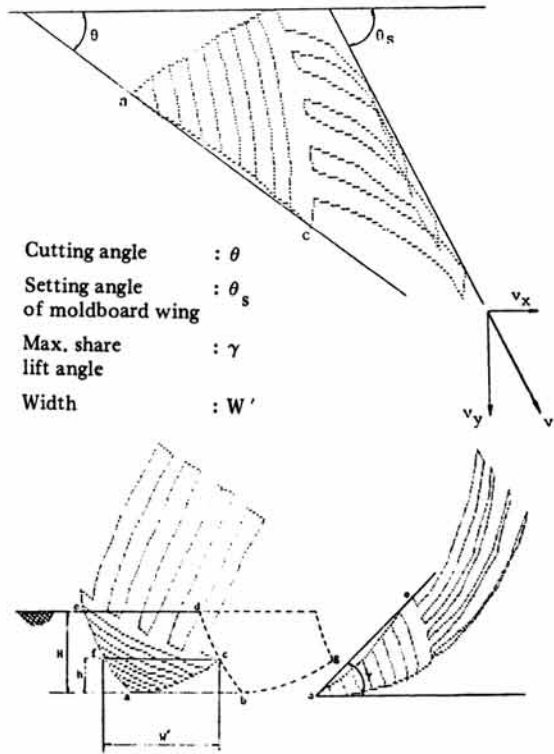


Fig. 6. Shape parameters of Korean plow.

인 曲面을 갖는 모울드보오드와는 달리 格子形이었다.

쟁기의 構造의 特性을 설명할 수 있는 形狀要因을 規定하기 전에 이미 規定되어 있는 플라우의 形狀要因을 살펴보면, 플라우의 주요 形狀要因으로는 切斷角, 깎設定角, 耕起角, 쇄어幅 등을 들 수 있다 (Bernacki<sup>6)</sup>). Fig. 5에는 犁體線圖를 통하여 이들 플라우의 形狀要因들을 圖示하였다. 쟁기의 形狀要因은 이상에서 살펴본 플라우의 形狀要因을 參考로 하여 다음과 같이 規定하였다.

쟁기의 切斷角(cutting angle): 쟁기 보습의 선단 a點과 끝점 c를 연결하는 선이 쟁기의 進行方向과 이루는 角  $\theta$ 로 規定하였다(Fig. 6참조).

쟁기의 벗設定角(setting angle of moldboard wing): 塵土의 反轉效果는 塵土가 벗을 떠날 때의 Y軸 方向의 速度  $V_y$ 에 의해 影響을 받는다. Fig. 6에서 벗設定角  $\theta_s$ 는 벗끝을 잇는 선이 쟁기의 進行方向과 이루는 角으로, 흙이 벗을 떠날 때 쟁기의 進行方向과  $\theta_s$ 의 角을 이루면서 反轉된다고 볼 수 있다. 더욱 엄밀히 정의하면 벗반전각은  $\theta_s = \tan^{-1}$

$\left(\frac{V_y}{V_x}\right)$  로 表示된다.

쟁기의 最大耕起角(max. share lift angle) : 쟁기의 側面圖에서 보습의 先端 a點과 끝점 e를 連結하는 線이 水平面과 이루는 角  $\gamma$ 로 規定하였다(Fig. 6 참조).

쟁기에 의해 나타나는 壙土의 斷面을 살펴보면, Fig. 6의 正面圖에 나타난 바와 같이 쟁기는 보습의 형태가 三角形이기 때문에 壙溝의 밑변이 플라우와는 다르게 지그재그 形態(선분 acbg)로 나타났으며, 壙土의 斷面은 플라우 경우의 矩形과는 다른 사다리꼴 形態로 나타나는 特性을 보였다. 이와같은 特性때문에 쟁기의 作業幅은 플라우에서 처럼 보습의 幅으로 표시될 수 없다. Fig. 6의 쟁기의 正面圖를 통하여 쟁기의 作業幅을 살펴보면, 쟁기의 作業幅은 壙溝의 최대耕深 부분인 a점과 b점 간의 거리로 表示된다. 따라서 쟁기의 正面圖에서 壙壁이 이루는 선 bd와 우측 보습날이 만나는 點을 c라 하고, 이 c點을 통과하면서 地面에 平行인 直線과 좌측 보습날이 이루는 線 ae가 만나는 點을 f라 할 때 쟁기의 作業幅은 線分 cf의 길이 W'로 表示할 수 있다.

Table 1은 쟁기와 플라우의 構造의 特性을 나타

내는 要因들의 測定値를 나타낸 것이다.

쟁기의 切斷角은 Table 1에 나타난 바와 같이 設定段數가 1段일 境遇에는 33~41°의 범위에서 기종간에 약간의 差異를 나타내었다. 設定段數를 2段으로 變化시켰을 境遇의 쟁기의 切斷角은 기종간에 차이는 있었으나 대체로 1段일 境遇보다 그 값이 1~3° 增加하는 傾向을 보여 35~42°의 범위에 속하였다. 반면 플라우의 切斷角은 39°로서, 쟁기 D의 切斷角은 플라우의 切斷角보다 작게 나타났으나 그 외에 쟁기들은 대체로 플라우와 비슷한 傾向을 보였다. 이 절단각은 보습에서 나타나는 切斷抵抗에 影響을 주는 要因으로서 이와같은 기종간의 差異는 耕耘作業時 作業機에 의해 나타나는 牽引抵抗에 影響을 주어 牽引性能에도 기종간에 差異가 있을 것으로 判斷되었다.

쟁기의 設定角은 設定段數가 1단일 경우 52~70°의 범위에서 기종간에 큰 差異를 나타내었다. 設定段數를 2단으로 變化시켰을 경우, 쟁기의 設定角은 기종에 따라 1단일 경우보다 3~7.5°의 큰 폭으로 減少하는 傾向을 보여 45~65°의 범위에 속하였으며 역시 기종간에 큰 差異를 나타내었다. 반면 플라우의 設定角은 47°로서, 쟁기는 플라우보다 設定角이 대체로 크게 나타났다. 設定角

Table 1. Values of shape parameters.

Implements	Setting position of plow bottom	Cutting angle $\theta$ (degree)	Setting angle of wing $\theta_s$ (degree)	Max. share lift angle $\gamma$ (degree)	Working width W'(cm)	Share width W(cm)
Korean plow 'A'	1	38	70	41	20.5	29.2
	2	39	65	45	19.5	
Korean plow 'B'	1	41	52	47	18	29.2
	2	42	46	50	17.5	
Korean plow 'C'	1	39	66	47	20	29.8
	2	40	63	48	19.5	
Korean plow 'D'	1	33	64	44	22	29.2
	2	35	56.5	47	21	
Korean plow 'E'	1	35	60	46	20.5	29.8
	2	38	35	48	20	
Plow		39	47	20	26.0	26.0

은 壤土의 反轉에 影響을 주는 要因으로서 이와같은 쟁기 기종간 設角의 差는 壤土의 反轉에 影響을 주어 反轉性能에 있어 기종간에 差異가 있을 것으로 判斷되었으며, 쟁기는 플라우에 比하여 設角이 크기 때문에 플라우보다 反轉性能이 良好하지 못할 것으로 判斷되었다.

쟁기의 最大耕起角은 設段數가 1단일 경우에 41~47°의 범위에서 기종간에 약간의 差異를 나타내었으며, 設段數를 2단으로 變化시켰을 경우에는 기종에 따라 1단일 경우보다 1~4° 증가하는 경향을 보였다. 따라서 設段數가 2단일 경우의 쟁기의 最大耕起角은 45~50°의 범위에 속하였다. 반면 플라우의 最大耕起角은 20°로서, 쟁기의 最大耕起角은 대체로 플라우보다 훨씬 크게 나타났다. 이 最大耕起角은 水平牽引抵抗에 큰 影響을 준다는 점에서 이와같은 쟁기 기종간 耕起角의 差異는 牽引抵抗에 影響을 주어 牽引比抵抗에 있어 기종간에 差異가 있을 것으로 判斷되었으며, 쟁기는 플라우에 比하여 最大耕起角이 훨씬 크기 때문에 플라우보다 牽引比抵抗이 클 것으로 判斷되었다.

쟁기의 作業幅은 設段數가 1단일 경우에는 18~22cm의 범위에서 기종간에 약간의 差異를 나타내었으며 設段數를 2단으로 變化시켰을 경우에는 1단일 경우보다 0.5~1cm 減少하는 경향을 보여, 2단일 경우의 쟁기의 作業幅은 17.5~21cm의 범위에서 역시 기종간에 약간의 差異를 보였다.

나. 球面表示(Spherical representation)에 의한 犁體曲面의 分析

1) 曲面의 球面表示法

曲面의 球面表示法이란 주어진 曲面上의 單位法線 벡터(Unit normal vector)들의 시작점을 임의의 O점으로 모은후 O점을 중심으로 하는 單位球(Unit sphere)를 그릴 경우 球의 表面과 單位法線 벡터들의 끝점이 만나는 점으로 이루어 지는 線 혹은 영역에 의해 주어진 曲面의 特性을 나타내는 方法으로 Fig. 7에 나타난 바와 같이 평면은 球面表示法에 의하면 한 점 N으로 나타나며, 원기둥과 원뿔과 같은 單曲面(working surface)은 線(여기서는 원)으로 나타난다. 여기에서 單曲面이라 함은 曲面의 임의의 要素를 인장이나 압축시키지 않고 전개시킬 경우 平面이 되는 曲面을 말하며, 球面表示法

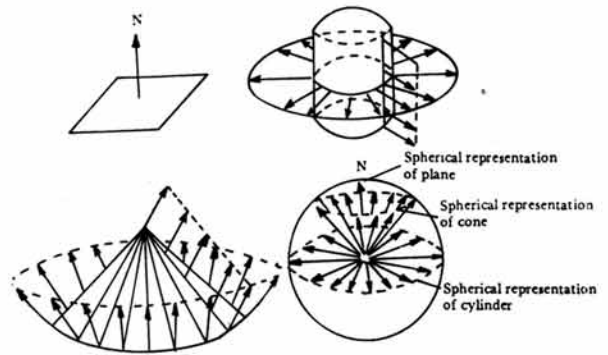


Fig. 7. Spherical representation of surfaces.

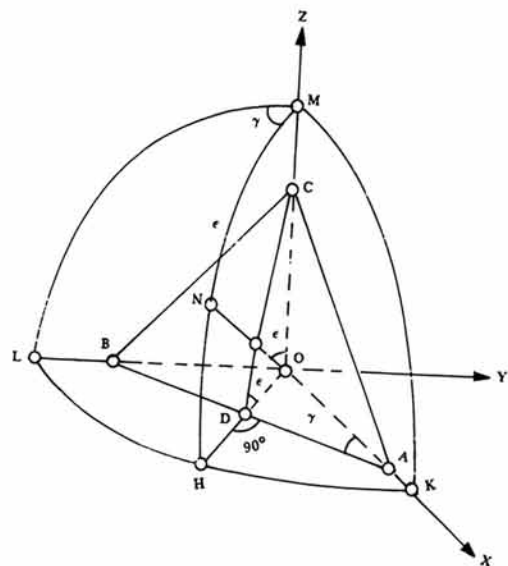


Fig. 8. Spherical representation of the moving plane tangential to the surface (plane ABC) in space.

에 의해 이와같은 單曲面은 線으로 나타난다 (G-yachev<sup>7)</sup>).

Fig. 8은 平面 ABC를 球面表示法으로 表示할 경우에 생기는 各角들의 關係를 나타낸 그림으로서 O점을 통과하는 OX, OY, OZ축을 設定하였을 경우 평면 ABC와 XOY면이 이루는 線과 平面의 進行방향 OX축이 이루는 角 ∠OAB를 方向角  $\gamma$ 라 정의하고, 平面 ABC와 XOY면이 이루는 角 ∠ODC를 二面角  $\epsilon$ 라 정의할 때, 平面 ABC를 球面表示에 의해 表示함으로써 나타내는 점 N은 극 M을 갖는 球上에서  $\angle LMN = \gamma$ (Polar angle)와  $\widehat{MN} = \epsilon$

(Polar radius)로表示되어진다. 즉 曲面上的의 頂의 頂을 球面表示法으로 表示할 時 나타나는 球面上的의 點의 座標는 主어진 曲面上的의 點에 tangential 平面的 方向角과 二面角을 나타낸다고 말할 수 있다.

曲面을 球面表示法에 의해 表示하려면 먼저 주어진 曲面 外곽선상의 各 點들의 方向角( $\gamma$ )과 二面角( $\epsilon$ )을 알아야 한다. 다음 二面角을 輻軸으로 하고 方向角을 中軸으로 하는 直角좌표계에 各 點들의 二面角과 方向角을 表示함으로써 주어진 曲面을 球面表示法에 의해 直角좌표계상에 나타낼 수 있다.

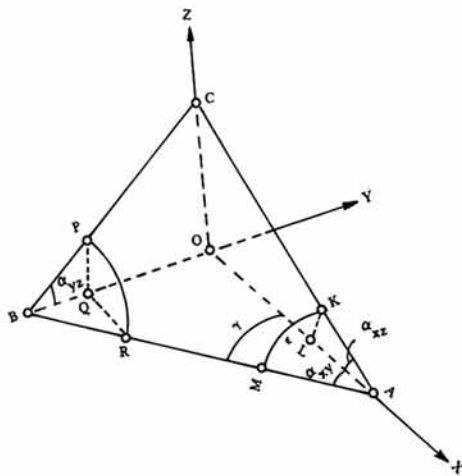


Fig. 9. Relation between the directions of planes tangential to the surface ( $\epsilon, \gamma$ ) and projection angles from result of profiling.

方向角과 二面角을 決定하기 위해 Fig. 9와 같은 좌표계와 면 ABC를 고려해 볼 때, A 점과 B 점을 중심으로 하는 單位球를 그리면 球面三角形 PQR과, KLM이 얻어진다. 여기에서  $\widehat{LM} = \gamma$ ,  $\angle KML = \epsilon$ 라 하면  $\angle QRP = \epsilon$ ,  $\widehat{QR} = \frac{\pi}{2} - \gamma$ 로 表示되고,  $\angle KLM = \angle PQR = \frac{\pi}{2}$ 이므로, 구면삼각형의 삼각공식에 의해 (1), (2), (3)식이 얻어지며,

$$\tan \alpha_{xy} = \tan \gamma \dots\dots\dots (1)$$

$$\tan \alpha_{yz} = \tan \epsilon \cdot \cos \gamma \dots\dots\dots (2)$$

$$\tan \alpha_{zx} = \tan \epsilon \cdot \sin \gamma \dots\dots\dots (3)$$

(1), (2), (3)식으로부터 삼각공식에 의해 (1)', (2)', (3)' 식이 얻어진다.

$$\tan \gamma = \tan \alpha_{xy} \dots\dots\dots (1)'$$

$$\tan \epsilon = \tan \alpha_{yz} \sqrt{1 + \tan^2 \alpha_{xy}} \dots\dots\dots (2)'$$

$$\tan \epsilon = \frac{\tan \alpha_{zx}}{\tan \alpha_{xy}} \sqrt{1 + \tan^2 \alpha_{xy}} \dots\dots\dots (3)'$$

따라서 평면 ABC의 투영각  $\alpha_{xy}$ ,  $\alpha_{yz}$  혹은  $\alpha_{zx}$ ,  $\alpha_{xy}$  를 구함으로써 方向角  $\gamma$ 와 二面角  $\epsilon$ 를 구할 수 있다.

2) 曲面의 形態와 球面表示에 의해 나타나는 영역의 면적 (Type of surface and Area of spherical representation region of surface on unit sphere)

曲面을 球面表示法에 의해 直交座標上에 表示할 時 주어진 曲面이 단순곡면일 경우에는 球面表示法에 의해 線으로 나타내므로 면적이 0이 되며 단순곡면과 차이가 있을 경우에는 면적을 갖는 어떠한 영역으로 表示된다. 따라서 球面表示法에 의해 나타나는 영역의 면적을 分析함으로써 주어진 曲面이 단순곡면과 차이가 있는지를 評價할 수 있다. 주어진 곡면이 오목형인가 볼록형인가의 여부는 球面表示法에 의해 나타나는 영역 外곽의 방향을 分析함으로써 알 수 있다. 球面表示法에 의해 나타나는 外곽의 方向이 犁體의 正面圖 外곽의 방향과 일치할 때는 주어진 曲面은 볼록한 形態이며, 방향이 반대일 경우에는 오목한 形態이다.

球面表示法에 의해 나타나는 면적을 구하기 위해 Fig. 10을 살펴보면 빗금친 부분의 미소면적은  $dA =$

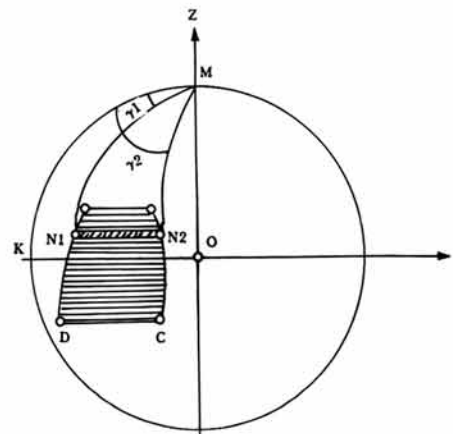


Fig. 10. Area of the spherical representation region of the surface on unit sphere.



$(\gamma_2 - \gamma_1) \cdot \sin \epsilon \cdot d\epsilon$ 로 表示되며 면적 ABCD는  $A = \int_{\epsilon_1}^{\epsilon_2} (\gamma_2 - \gamma_1) \sin \epsilon \cdot d\epsilon$ 가 된다. 실제로 球面表示法에 의해 나타나는 영역의 면적을 구하기 위해서는 二面角  $\epsilon$ 를 횡축으로 하고 方向角  $\gamma$ 를 종축으로 하는 直交좌표계에 주어진 曲面의 方向角과 二面角을 表示하여 나타나는 영역에서 方向角  $\epsilon$ 를 미소구간  $\Delta \epsilon$ 로 세분한 후 各 二面角  $\epsilon$ 에 해당하는 영역의 폭  $(\gamma_2 - \gamma_1)$ 을 측정하여 구한 各 미소면적  $dA = (\gamma_2 - \gamma_1) \sin \epsilon \cdot \Delta \epsilon$ 를 합함으로써 총면적을 구할 수 있다. 즉 총면적은 (4)식으로 나타낼 수 있다.

$$A = \frac{\pi^2}{180^2} (\Delta \epsilon^\circ) \sum (\gamma_2 - \gamma_1) \cdot \sin \epsilon \dots \dots \dots (4)$$

3) 球面表示法에 의한 犁體曲面의 分析 結果

Fig. 11, 12, 13에는 플라우와 쟁기 A, 쟁기 B의 犁體線圖를 각각 나타내었으며 平面圖上에서의 投影角  $\alpha_{xy}$ 와 側面圖上에서의 投影角  $\alpha_{xz}$ 을 測定하여 식(1), (3)에 의하여 各 點에서의 方向角  $\gamma$ 와 二面

角  $\epsilon$ 를 구한 후 各 作業機의 曲面을 球面表示法에 의해 Fig. 14, 15, 16에 보는 바와같이 直交좌표계에 나타내었다. Fig. 14, 15, 16에서 各 作業機의 犁體曲面에 가장 가까운 단순곡면은 점선으로 表示되어진다. 이를 살펴보면 플라우의 경우에는 二面角  $\epsilon$ 의 變化범위(30~85°)에서 方向角  $\gamma$ 는 40°에서 45°로 變化하여 약 5° 정도의 變化폭을 나타내었다. 쟁기 A는 二面角  $\epsilon$ 의 變化범위(40~85°)에서 方向角  $\gamma$ 는 45°에서 65°로 變化하여 약 20° 정도의 變化폭을 나타내었으며, 쟁기 B의 경우에는 二面角  $\epsilon$ 의 變化범위(40°~80°)에서 方向角  $\gamma$ 는 40°에서 70° 정도로 變化하여 약 30° 정도로 變化폭을 나타내었다. 이와같이 플라우와 두 쟁기의 二面角의 變化폭은 비슷하였으나 方向角의 變化폭은 作業機別로 큰 차이를 나타내었다. 이상에서 살펴본 各 作業機의 犁體曲面에 가장 가까운 단순곡면을 나타내는 方向角과 二面角의 關係식은 Table 2에 나타내었다.

구면표시에 의해 나타난 면적을 살펴보면 Table.

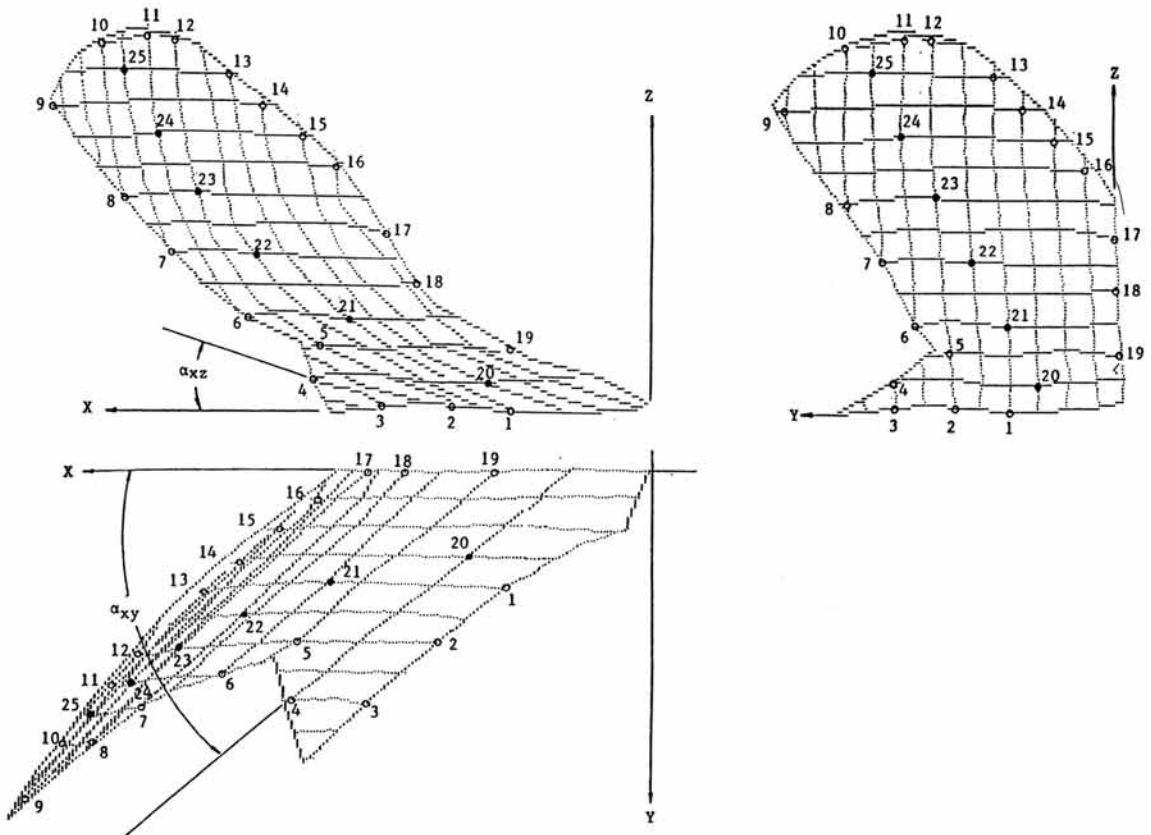


Fig. 11. Projection views of the plow bottom.

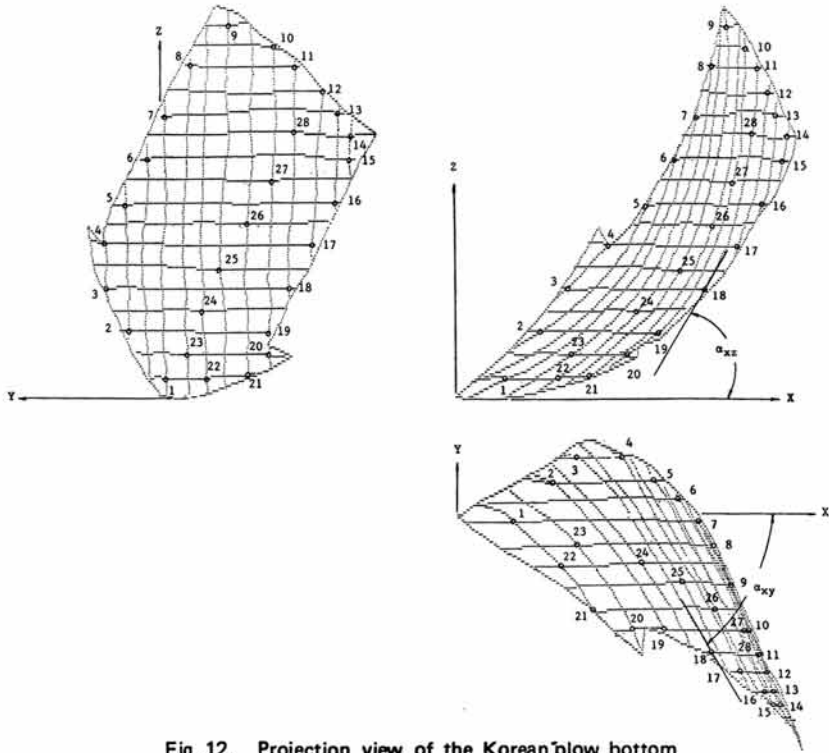


Fig. 12. Projection view of the Korean plow bottom (A).

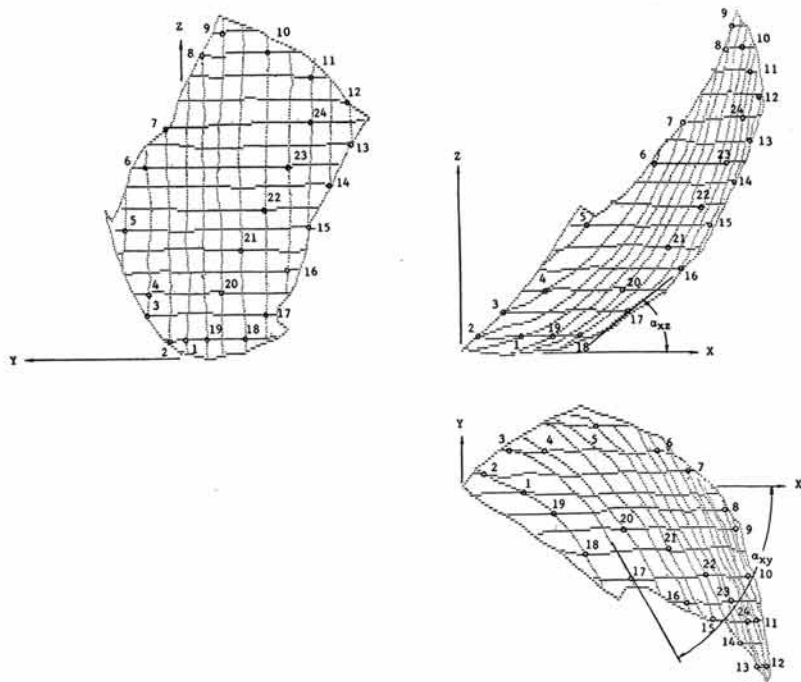


Fig. 13. Projection views of the Korean plow bottom (B).

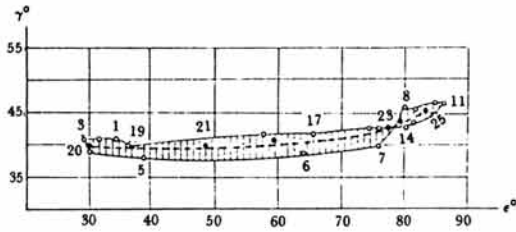


Fig. 14. Region of spherical representation of the plow bottom.

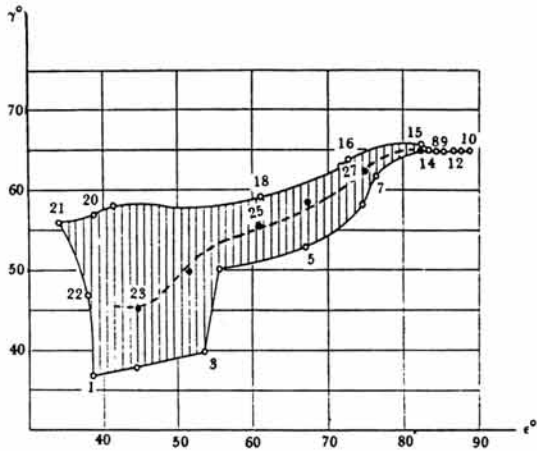


Fig. 15. Region of spherical representation of the Korean plow bottom (A).

2에 나타난 바와같이 플라우가 가장 작아 두개의 쟁기보다는 단순곡면에 가깝게 나타났으며 두 쟁기 간에는 쟁기A가 쟁기B보다 단순곡면에 더욱 가깝게 나타났다. 이체 곡면이 단순곡면일 경우에는 壤土가 犁體面 전 부분에 모두 접촉하므로 犁體面의 마모가 균일하게 일어나며 犁體面上에서의 壤土는

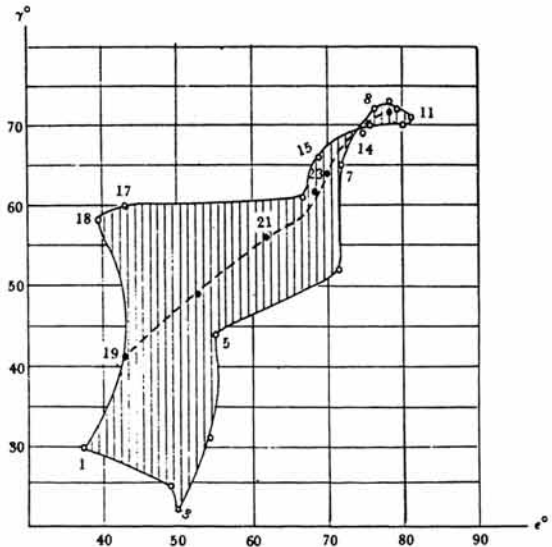


Fig. 16. Region of spherical representation of the Korean plow bottom (B).

파괴되지 않는 상태로 순조롭게 운동이 진행될 것으로 예상할 수 있다. 따라서 이와같은 단순곡면을 요인으로 하는 쟁기의 성능실험등 適正設計를 위한 계속적인 研究 開發이 필요할 것으로 사료되었다.

### 5. 要約 및 結論

本 研究는 쟁기의 適正設計를 위한 基礎的 研究로서 座標測定裝置를 利用하여 쟁기 犁體의 形狀을 測定하여, 구조적 特性을 比較·分析하였다.

研究 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 3개의 정밀가변저항으로 構成되어 있는 座標

Table 2. Results of spherical representation of given surfaces.

Surfaces	Equation of the curve of spherical representation of working surface close to the surface.	Area of spherical representation region of given surface.
Plow	$\gamma = 29.8 + 0.6876 \cdot \epsilon - 1.565 \times 10^{-2} \cdot \epsilon^2 + 1.171 \times 10^{-4} \cdot \epsilon^3$	0.0328
Korean plow (A)	$\gamma = 11.85 + 0.6987 \cdot \epsilon + 2.954 \times 10^{-3} \cdot \epsilon^2 - 4.354 \times 10^{-5} \cdot \epsilon^3$	0.1194
Korean plow (B)	$\gamma = 59.42 - 1.76 \cdot \epsilon + 4.018 \times 10^{-2} \cdot \epsilon^2 - 2.014 \times 10^{-4} \cdot \epsilon^3$	0.1716

測定裝置와 이와 接續되어 있는 마이크로 컴퓨터 시스템을 利用하여 犁體 曲面上的 座標을 迅速, 正確하게 測定할 수 있었으며 開發된 座標變換 프로그램과 그래픽 프로그램을 利用하여 손쉽게 犁體線圖를 구할 수 있었다.

2. 5개의 國產쟁기의 犁體線圖를 分析한 結果 쟁기의 切斷角은 33~42°, 最大耕起角은 41~50°, 벗 設定角은 46~70°의 범위였다. 벗 設定段數의 變化에 따라서는 이들 쟁기의 形狀要因중 벗 設定角이 가장 큰 差異를 나타내었으며 그 變化幅은 3~7.5°였다. 犁體線圖上에 나타난 쟁기와 플라우의 가장 큰 特性的 差異는 最大耕起角이었으며 플라우의 最大耕起角은 20°인데 반하여 쟁기의 最大耕起角은 41~50°였다.

3. 犁體의 性能을 크게 좌우하는 보습의 形態에 있어서 3面圖(正面, 平面, 側面)가 쟁기의 種類에 따라 각기 相異한 三角形으로 나타났으며, 이 때문에 壤土의 단면이 플라우에서는 矩形으로 나타나는데 反하여 쟁기에서는 사다리꼴형으로 나타나는 特性을 보였다.

4. 球面表示에 의해 各 作業機의 犁體曲面을 分析한 結果 주어진 曲面에 가장 가까운 단순곡면의 方向角과 二面角의 關係를 살펴보면 플라우와 쟁기 A, 쟁기 B의 二面角의 變化범위는 30°~85°로 거의 비슷한 경향이었으나 方向角의 變化폭은 플라우가 5°, 쟁기 A가 20°, 쟁기 B가 30°로 작업기간에 큰 차이를 나타내었다.

5. 球面表示에 의해 나타난 면적은 플라우가 0.0328, 쟁기 A가 0.1194, 쟁기 B가 0.1716으로 플라우가 쟁기보다 단순곡면에 더욱 가깝게 나타났으며, 쟁기 A가 쟁기 B보다 단순곡면에 더욱 가깝게 나타났다.

### 參考文獻

1. 柳永善. 1986. 트랙터의 圃場性能 評價를 위한 資料蒐集處理시스템의 開發. 서울大學校 大學院 碩士學位 論文.

2. 鄭昌柱, 宋鉉甲, 1970. 土壤條件의 變化에 따른 韓國쟁기의 牽引抵抗에 關한 研究. 韓國農工學會誌 12(1) pp. 1872-1882.

3. 崔在甲. 1976. 韓國犁와 플라우의 發達過程 및 犁와 플라우의 各種 土壤條件下에서의 耕深과 牽引抵抗에 關한 研究, 韓國農工學會誌 18 (2) pp. 39-72.

4. 韓成金, 金聲來. 1964. 深耕犁“再建” 쟁기에 對한 研究. 韓國農工學會誌 창간호 pp. 44-48.

5. Donald T. Greenwood. 1980. Principles of dynamics. Prentice-Hall, INC. pp.332-336.

6. H. Bernacki, et al. 1972. Agricultural machines, theory and construction. National technical information service. pp.120-197.

7. L.V. Gyachev. 1986. Theory of surface of plow bottoms, Russian translations series. Printed in India at Printsmen Press, Faridabad.

8. Nicholas, M.L. and T.H. Kummer. 1932. The dynamic properties of soil: IV. A method of analysis of plow moldboard design based upon dynamic properties of soil. AE. Nov. pp.279-285.

9. Soehne, W. and R. Moller. 1962. The design of mouldboards with particular reference to high-speed ploughing. Grundl. Landtech., Heft. 15:15-27. NIAE transl. 146.

10. White, E.A. 1918. A study of the plow bottom and its action upon the furrow slice. ASAE Trans. 12 pp.42-50.

11. W.W. Gunkel, W.T. Emmet. 1983. A computer-aided analysis of the performance of coated moldboard plow surface. ASAE Tech. Paper 83-1047.