

步行 移秧機를 爲한 無線自動制御 시스템의 開發(I)

Development of a Wireless Control System for Rice Transplanter of Walking Type

金 昌 洙* 崔 圭 洪** 金 成 泰*** 閔 泳 鳳***
C. S. Kim K. H. Choi S. T. Kim Y. B. Min

Summary

A wireless control system was designed and constructed to control the rice transplanter of walking type with remote control. VHF(very high frequency) was sent from wireless transmitter to wireless receiver by using 6 channels to control main clutch, steering clutch, plant lever and throttle lever within 200 meter distance between remote control and rice transplanter. The rice transplanter with wireless control system showed good performance for accuracy of travel speed, traveling mobility and turning diameter in the concrete, paddy and dry field. It is concluded that the developed wireless control system could be adapted to control not only conventional rice transplanters but also most of the agricultural machine by changing some parts of the control system.

1. 緒 論

우리 나라는 耕地面積 比率이나 主穀의 安定的 生産供給 側面에서 水稻作 中心으로 農業經營 形態가 發展되어 왔다. 앞으로 UR 對備策의 一環으로 水稻作에 더욱더 많은 投資를 하여 農業機械化에 拍車를 가하지 않으면 안되는 現象이라고 생각된다. 우리 農業人口는 急速한 産業化에 따라 年 平均 3.6% 程度씩 減少되어 1996 년에는 總人口의 11.6% 인 524만명으로 2001년에는 9.3% 인 439萬名으로 減少할 것으로 推定

되고 있다. 또 農業部分 就業人口는 12% 인 250 萬名으로 2001년에는 8.7% 수준인 193萬名으로 減少되어 農村 勞動 不足現象이 두드러질 展望이다. 한편 農村을 떠나는 人口는 주로 젊은층의 良質의 勞動力으로 農村의 일손 不足現象과 質적 低下는 더욱 深化되어 가고 있기 때문에 좀더 既存의 作業機보다 老弱者가 손 쉽게 使用할 수 있는 作業機를 開發 製作하는 것이 必要한 實情이다.

이러한 問題點의 解消策으로 多目的으로 使用할 수 있는 無線 自動制御 시스템을 開發하여,

+ 本 研究은 1991年度 教育部 支援 韓國學術振興財團의 自由公募課題 學術研究 助成費에 依해 研究되었음

* 尚州産業大學 産業機械工學科

** 建國大學校 農工學科

*** 慶尙大學校 農業機械工學科

특허출원 번호 : 5389호

이를 水稻作 農業機械에 使用하는 것이 必要하다. 第一次的 段階로 步行 移秧機 위한 無線 自動制御用을 開發하여 農村人口 減少趨勢의 人力 難을 多少라도 解決할 뿐 아니라 물논에서 作業 하지않고 는 밖에서 리모콘(Remote control)으로 移秧機를 自動制御하여 肉體의인 疲勞 減少와 勞動生産性 恒常에 研究目的의 重點을 두었다.

移秧機의 機械的 作業技術을 살펴보면 우선 操向 클러치, 植付裝置 클러치, 調速裝置燈 無線 自動制御 할 수 있는 裝置를 開發 移秧機에 裝着하였다. 速度의 正確性, 走行의 直進성과 旋回性의 圃場實驗을 통하여 無線制御用 移秧機의 使用 可能性을 檢證하였다.

2. 裝置開發 및 實驗方法

가. 無線裝置

1) 周波數 範圍

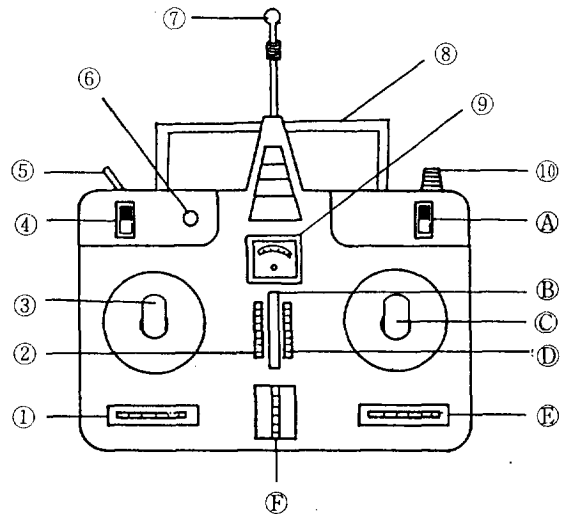
送受信裝置로 使用된 周波數는 40-68MHz 範圍의 超短波이었고, 이를 利用될 수 있도록 製作 設計하였다. 이 範圍의 周波數를 使用한 理由는 短波에 比하여 回折損失이 比較적 적으며 小型 안테나를 利用할 수 있으며 AM 보다도 廣대역 利得을 얻을 수 있기 때문이다.

2) 送受信 裝置

送信裝置는 Futaba 製品의 DPRCS(Digital Proportional Radio Control System)의 FP-T6 MRK를 受信裝置도 Futaba 製品의 DPRCS의 FP-R107F를 使用하였다. 이때 VHF 垂直 안테나를 使用하였고 送信裝置의 電池의 電壓은 12V(1.5V×8)이며 受信裝置의 電池의 電壓은 24V(12V×2)을 使用하였다.

送信裝置의 發振方式은 X-TAL를 使用하였고 受信裝置에서는 電送된 被變調波로 부터 AM을 利用한 送受信裝置를 開發하였다. X-TAL를 使用한 理由는 發振된 周波數가 溫度에 의한 影響을 거의 받지 않아서 安定된 發振 周波數를 가질 수 있기 때문이다.

그림 1은 送信裝置의 主要 外部 名稱이며 그림 2는 受信裝置를 나타낸 것이다. 送受信裝置에서 移秧機의 走行 및 旋回를 遂行하기 위하여 6 채널을 使用하였으며 送信裝置에서 送신된 各 채널에 對應하여 受信裝置의 各 채널에서 受信되



1. Rudder trimmer1
2. Throttle trimmer
3. Stick in mode I aileron
4. Elevator D/R on/off switch
5. Throttle clutch switch
6. Throttle volume
7. Rod antenna
8. Handle
9. Level meter
10. Main clutch switch
- A. Aileron D/R on/off switch
- B. Neck-strap connector
- C. Stick in mode II aileron
- D. Elevator trimmer
- E. Aileron trimmer
- F. Power switch

Fig. 1 Transmitter device

도록 設計 製作되었다. 또한 더 좋은 直進성과 旋回성을 위하여 水平移動 調整機, 끝지점(End

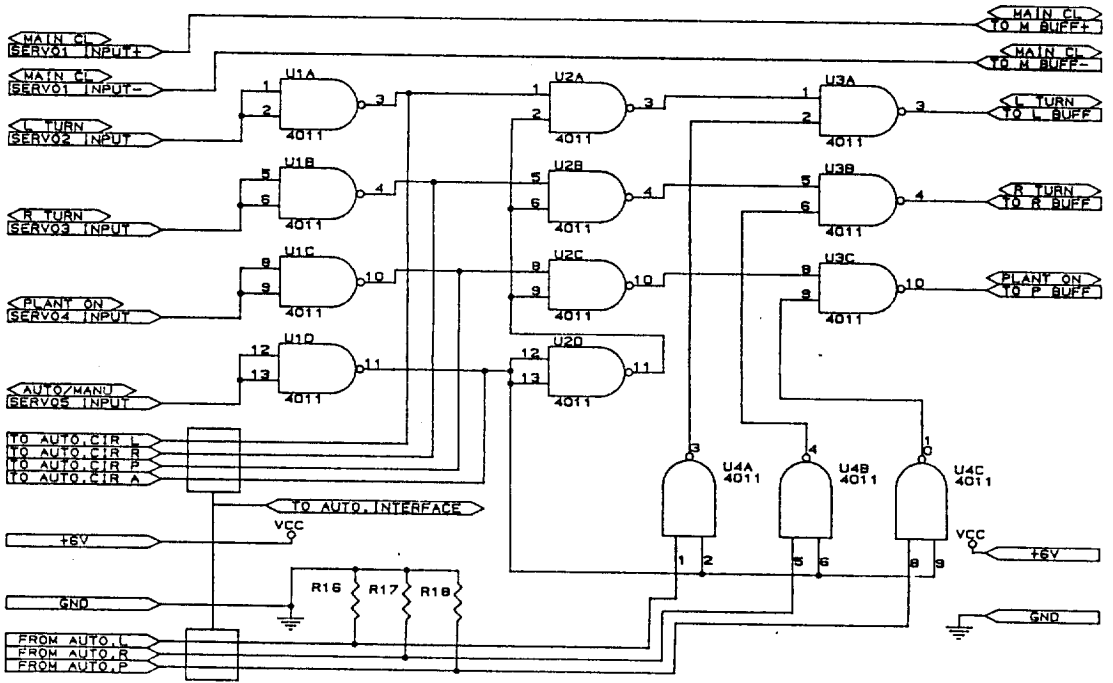


Fig. 3 Interfacing circuit for encode counter

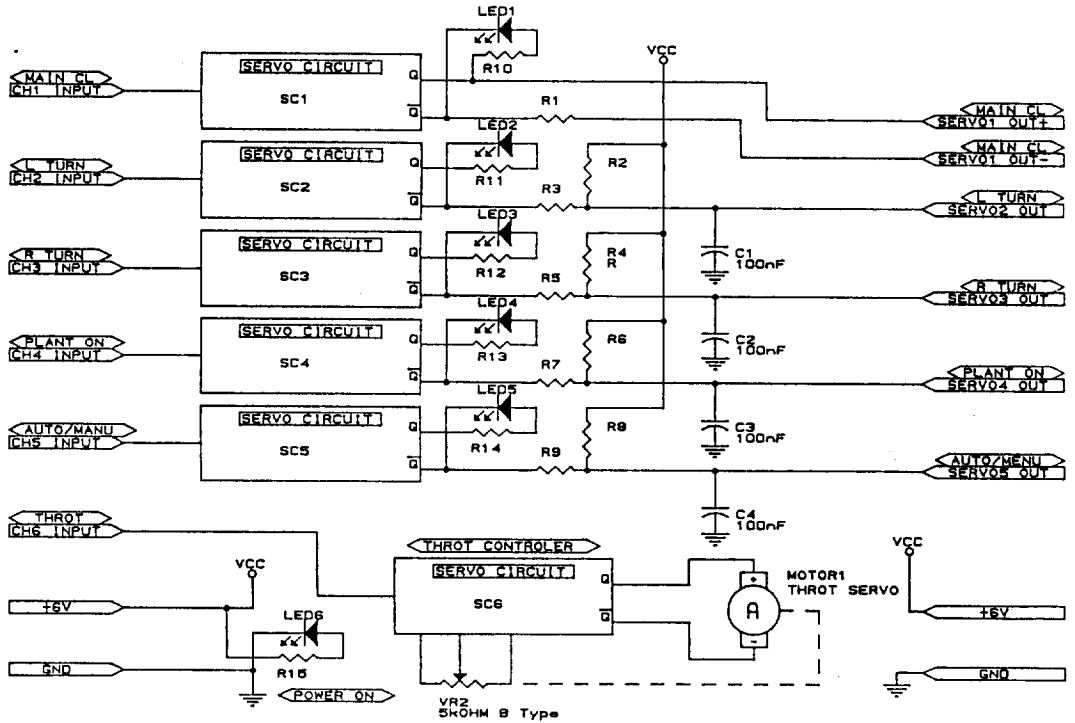
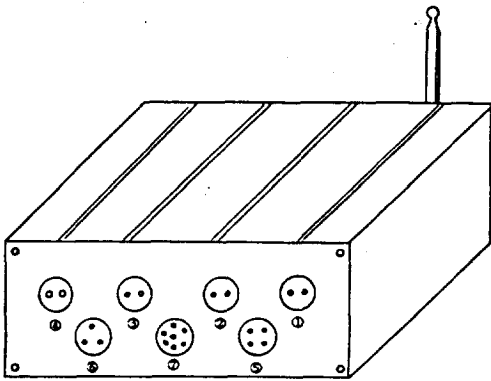


Fig.4 Interfacing circuit for DC solenoid state relay counter

Point) 調整機 및 채널 補助 送受信機의 裝置를 設置 하였다. 6 채널이 어떤 目的에 使用되었는지 살펴보면 채널 1은 主 클러치, 채널 2는 左 클러치, 채널 3은 右 클러치, 채널 4는 植付 클러치, 채널 5는 自動채널 스위치, 그리고 채널 6은 制御調節판으로 엔진 始動의 ON/OFF에 使用할 수 있도록 設計 製作하였다. 無線制御用 移秧機를 作動시키는 方法은 各 機能에 맞는 送信機의 채널을 손으로 알맞는 時間 동안 눌러면 된다.



1. Channel 1 ; Main clutch
2. Channel 2 ; Left clutch
3. Channel 3 ; Right clutch
4. Channel 4 ; Plant clutch
5. Channel 5 ; Automatic channel switch
6. Channel 6 ; Throttle control
7. Module change system ; Internal module system

Fig. 2 Receiver device

3) 垂直 안테나

垂直안테나는 적은 角度의 放射가 많은데 안테나의 높이가 0.625波長 보다 크면 有害한 사이드 로브가 增加하며 地上波를 利用하는 近距離 通信이나 F1층의 反射를 利用하는 遠距離 通信에 有利하며 中거리 通信에는 適當하지 않았다. 本 研究에서는 日本의 야스파전기의 M-262형의 垂直안테나를 使用하였다.

4) DC 서보制御 回路

그림 3은 엔코우드用 카운트의 入力 인터페이스의 回路를 나타낸 것이며 遠隔制御에 使用되는 트랜지스트와 콤퍼레이터로 構成하였다. 그림 4는 DC 솔레노이드 밸브를 作動시키기 爲한 回路 나타낸 것이며 JEL System Co. LTD에서 製作한 것으로 直線運動用 솔레노이드 밸브의 吸入力을 利用하여 作動裝置를 制御하였다.

나. 移秧機 制御 시스템

1) 시스템의 構成

그림 5에 나타낸 것 처럼 移秧機 制御 시스템의 構成은 솔레노이드 밸브 6개, 에어 실린더 4개, 空氣壓縮機 1대, 空氣탱크 2개, 12V 배터리 1개, DC 모터 1개, 操向燈 2개, 植付 표 공급燈 1개, 操向클러치 作動 表示燈 1개를 2조식 MARUMASU 移秧機에 裝着하였다.

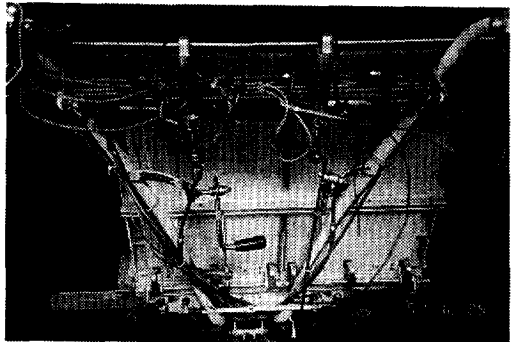


Fig. 5 View of wireless control system on the rice planter

솔레노이드 밸브는 PV型 5 포트 솔레노이드 밸브(Port Solenoid Valve)

를 使用하였다. 그 理由는 小型이므로 좁은 空間에서도 設置가 容易하고 經濟性 및 互換性이 좋으며 無給油 使用도 可能하였다. 특히 파이로트 압을 利用한 方式이므로 스파크로 인한 災害를 防止할 수 있고 코일이 不必要함으로 構造가 簡單하고 故障率이 적어서 選擇하였다. 에어 실린

더는 小型 單洞式 M.D.C型 실린더를 使用하여 적은 空間에서 水平으로 作動할 수 있도록 設計하였다. BC-11-s 모델의 에어 壓縮機는 重量이 20Kg이며 3 PS 까지 利用할 수 있었다. 空氣 壓縮機의 吐出壓力의 脈動化를 平滑히 하고 最低 空氣壓을 維持하도록 하기 위하여 지름이 11.4cm이고 높이가 17cm인 圓筒型 2개의 空氣탱크를 使用하였다. 이 시스템의 動力源은 24V用 14 A/hr Rocket 乾電池를 使用하였다. 産業用 DC 서보 moter를 利用하여 스톱트 레버 作動을 위하여 移秧機 엔진의 오른쪽 옆면에 搭載하였다. 操向燈, 植付 苗 供給燈 혹은 操向클러치 作動 表示燈이 ON/OFF되어 作動與否를 알 수 있도록 4개의 LED를 使用하였다.

2) 시스템의 作動方法

그림 6은 無線制御時 移秧機를 作動方法을 블록선도로 나타낸 것이다. 移秧機 無線制御의 作動方法은 모니터로 부터 100-200m 送信된 電波를 受信 裝置에서 받아 電源이 스위치를 통하여 電流가 솔레노이드 밸브와 空壓실린더로 흘러 作動 裝置를 自動制御 되어졌다. 이때 操向燈, 植付 苗 供給燈 혹은 操向클러치 作動 表示燈이 ON/OFF되어 作動與否를 알 수 있었다.

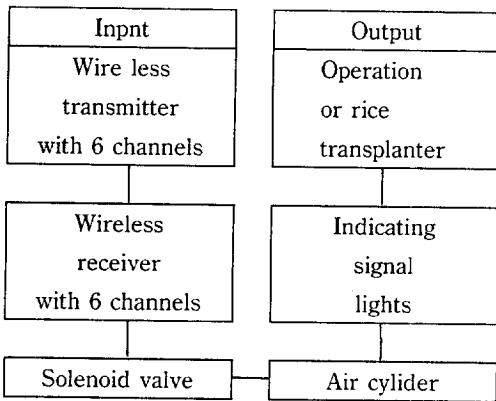


Fig. 6 Block diagram of the wireless control system designed for the experiment

다. 試運轉 裝置의 開發製作

1) 主 클러치 (Main Clutch)

實驗用 慣行 移秧機의 핸들 中央 판넬 左側에 位置한 主 클러치 레버는 動力을 連結하거나 끊는다. 레버를 윗쪽으로 올리면 클러치가 물려 車輪이 回轉하고 레버를 아래로 내리면 클러치가 끊겨 車輪이 停止하게 된다. 리모콘 스위치를 OFF하면 전기적으로 전자 솔레노이드가 作動되어 燃料를 遮斷 하거나 吸入 空氣를 遮斷하여 엔진을 停止하도록 設計製作하였다.

2) 操向 클러치(Side Clutch)

實驗用 慣行 移秧機의 操向 클러치 作動方法은 操向 클러치를 손으로 잡으면 動力이 끊히고, 操向 클러치를 놓으면 動力이 傳達되어 操向할 수 있다. 開發된 操向 클러치는 M.D.C 小型 에어 실린더와 솔레노이드 밸브를 空壓을 使用하여 리모콘으로 調整할 수 있도록 開發製作하였다.

3) 植付레버 (Plant Lever)

實驗用 慣行 移秧機의 植付는 레버를 위(물림 위치)로 올리면 클러치가 물려 植付가 作動하고 레버를 아래(끊김 위치)로 내리면 植付 클러치가 끊겨 植付가 停止한다. 開發된 植付레버는 空壓 및 流壓을 連動하여 作動할 수 있도록 設計製作하였다.

4) 调速레버 (Throttle Lever)

現在 使用하고 있는 调速레버는 右側 操向클러치 바로 밑에 裝着되어 있으며, 低速, 中速, 高速으로 回轉을 調節하도록 되어 있으며, 또한 调速레버는 가버너와 連結되어 回轉速度를 調整하도록 되어 있다. 開發된 调速레버는 移秧機 엔진 오른쪽 옆면에 DC 모터와 풀리, Bracket, Roper를 使用하여 設計製作하였다.

다. 實驗 方法

그림 7은 圃場實驗을 위해 2조식 MARU-MASU 移秧機 위에 裝着된 制御시스템의 모습

을 나타낸 것이다. 開發된 無線制御 시스템을 移秧機에 装着한後 速度의 正確性(Accuracy), 走行의 直進性과 旋回性を 分析評價하고자 圃場實驗을 實施하였다. 圃場으로는 콘크리트, 밭 그리고 마른논의 實驗圃場을 使用하였으며, 各 圃場에서 速度를 變化시키면서 移秧機의 圃場走行性能評價를 爲한 데이터를 얻었다. 無負荷및 停止狀態에서 移秧機의 調速레버로 움직이면서 타 고미터로 要求되는 回轉速度(RPM)로 固定한後 無線制御用 移秧機로 走行實驗을 하였다.

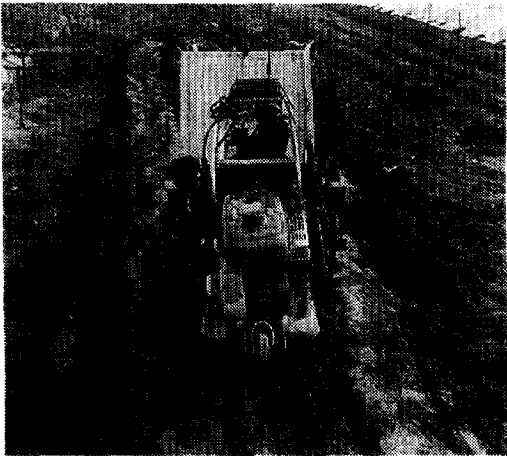


Fig. 7 View of field experiment

速度의 正確성을 測定하기 위하여 移秧機의 速度의 變化를 주면서 콘크리트, 밭 그리고 마른논에서 實驗을 施行하였다. 無線制御用 移秧機가 10m의 길이를 通過하는데 소비되는 시간을 測定하여 速度를 얻었다.

走行의 直進성을 測定하기 위하여 마른논과 밭의 두圃場에서 實施하였다. 마른논에서 엔진의 回轉速度 RPM이 1500, 1800 狀態일때 走行速度를 各各 中速, 高速이라 하였고, 밭에서 RPM이 1300, 1500, 1800 狀態일때 各各 走行速度를 低速, 中速, 高速이라 하였다. 양말뚝에 바인더 끈을 묶은後 20-30m의 直線을 그었다. 이 直線 위에 리모콘으로 移秧機를 直線방향으로

走行시킨 후에 直線으로 부터 移秧機 바퀴 軌跡이 벗어난 길이를 철자(Steel Ruler)로 2m 간격으로 反復 測定하였다. 各各의 直進性 實驗에서 4 혹은 5번 反復 實驗을 하였다.

走行의 旋回성을 測定하기 위하여 또한 마른논과 밭의 두圃場에서 實施하였다. 마른논에서 엔진의 回轉速度 RPM이 1650, 1800 狀態일때 走行速度를 各各 中速, 高速이라 하였고, 밭에서 RPM이 1300, 1800 狀態일때 各各 走行速度를 低速, 高速이라 하였다. 旋回時 發生하는 軌跡의 外徑(Outside Diameter)과 內徑(Inside Diameter)을 各各 7, 9, 5, 5번씩 反復 實驗을 하였다. 리모콘을 使用하여 移秧機를 180° 旋回시켰을 때 그림 8와 같은 軌跡이 圃場위에 나타났다. 그림 8에서 外徑과 內徑은 移秧機가 走行하는 동안에 軌跡의 中心線을 나타낸 것이다. 作動方法은 180°로 移秧機를 旋回하기 위하여 送信機의 調向클러치인 채널 6를 늘려서 調整하였고, 測定方法은 줄자를 使用하여 測定하였다. 콘크리트에서도 施行하였으나 旋回에 의한 移秧機 바퀴 軌跡을 콘크리트 바닥에서는 잘 나타나지 않았다.

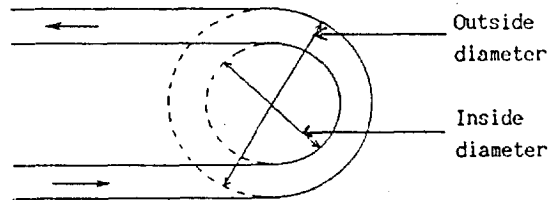


Fig. 8 Turing behavior of wheel tracks

3. 結果 및 考察

無線制御用 移秧機의 性能을 評價하기 위하여 速度의 正確性, 走行의 直進性과 旋回性위한 圃場實驗을 하였고, 이 實驗場所의 土壤 特性을 分析하였다. 圃場實驗을 分析하기 위하여 RMS (Root-Mean-Square) 誤差 σ 를 다음과 같이 求하였다.

$$D = \sum d^2$$

$$\sigma = \sqrt{D/N}$$

여기서, 速度의 正確性和 走行의 旋回性에서 d는 實驗값과 實驗 平均값 μ 과 差異이고, 走行의 直進性에서 d는 走行時 直線으로 부터 벗어난 길이이고, N은 實驗 資料의 數이다. 速度의 正確性和 走行의 旋回性을 위한 RMS 誤差는 統計學에서 使用하는 分散(Variance)값과 같다.

가. 土壤 特性

본 研究에서 製作된 무선 自動制御 시스템을 利用한 移秧機의 性能을 評價하고자 圃場實驗을 實施하였다. 圃場實驗은 慶北 金鎭군 있는 콘크리트, 밭 그리고 마른논에서 實施하였다.

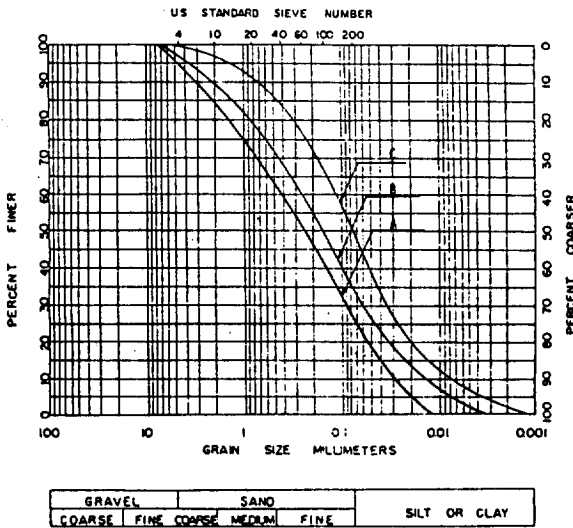


Fig. 9 Classification of soil used experiment in the field.

그림 9은 實驗에 利用된 土壤의 樣本을 利用하여 土壤의 成分을 서울市立大學校 土木工學科 土壤機械學 實驗室에서 測定한 값을 나타낸 것이다. 밭에서 A, B를 얻고 마른논에서 C를 얻어졌다. 實驗室에서 分析結果 試料 A와 B의 比重은 2.66이었고 試料 C의 比重은 2.67이었다. A

土壤의 試料는 모래로 B와 C의 試料는 사질로 옴으로 評價되었다. 試料의 立選이 B는 C試料 보다, A는 B試料 보다 均等한 것으로 나타났다.

나. 走行速度의 正確性

無線制御用 移秧機의 速度의 正確性을 實驗한 후 분석하였다. 콘크리트 走行速度가 低速, 高速, 밭(土壤 試料 A)에서 低速, 高速, 밭(土壤 試料 B)

에서 低速, 中速, 高速, 논(土壤 試料 C)에서 走行速度가 中速, 高速인 水準에서 速度의 正確性을 評價하기 위하여 各各 13, 11, 6, 6, 12, 12, 10, 10번씩 反復實驗 結果에서 얻은 값을 利用하여 표1과 같은 各各의 平均과 RMS 誤差, 즉 分散 σ 을 얻었다.

速度의 正確性의 RMS 誤差 $\sigma(1.19-5.68\text{cm/sec})$ 는 平均값 $\mu(42.82-66.88\text{cm/sec})$ 보다 아주 적다. 밭(土壤 試料 B)의 速度가 작은 이유는 平坦作業이 고르지 않아 作業條件이 좋지 않았다. 이것은 速度의 正確性의 圃場實驗時 얻은 데이터는 거의 비슷하다는 것을 나타내며, 이것은 같은 圃場에서 같은 水準走行速度는 正確性이 있다는 것을 의미한다. 表1에서 처럼 高速에서 콘크리트, 밭(A), 논(C)의 各各의 速度는 66.88, 63.13, 57.77cm/sec이었다.

다. 走行의 直進性

無線制御用 移秧機의 走行의 直進性을 實驗한 후 분석하였다. 그림 10은 圃場實驗에서 나타난 리모콘으로 制御한 走行 直進性 結果를 나타낸 것이다. 그림 10의 (A)와 (B)는 밭(土壤 試料 B)에서 走行速度가 低速, 高速, (C)와 (D)는 논(土壤 試料 C)에서 走行速度가 中速, 高速 인것을 各各 나타낸 것이다. 그림 10은 여러번 反復으로 얻은 結果를 反復順序에 따라 連續으로 走行한 것처럼 나타내었다.

리모콘으로 移秧機를 走行 하였을 때 미리 그 是 直線상에서 가장 많이 벗어난 地點은 1.35cm로 그림 10 (A)에서 볼 수 있다. 가장 많이 벗어난 地點이 1.35cm이며, 묘를 移秧할때 條間이 30cm

Table 1. Performance for accuracy of travel speed using rice transplanter with wireless control system in the field

	concrete		dry field (soil A)		dry field (soil B)		paddy field (soil C)	
	low	high	low	high	low	medium	medium	high
speed RPM	1300	1800	1300	1800	1300	1500	1500	1800
μ , cm/s	54.28	66.88	44.38	63.13	42.82	46.97	45.62	57.77
σ , cm/s	1.19	1.28	2.21	3.17	1.97	3.06	3.02	5.68

Table 2. Performance for turning diameter using rice transplanter with wireless control system in the field

field	speed		outside diameter (cm)		inside diameter (cm)	
	level	RPM	μ	σ	μ	σ
dry (soil A)	low	1300	135.83	78.47	27.17	76.81
	high	1800	125.40	31.84	18.00	1.60
paddy (soil C)	medium	1650	135.71	0.33	20.86	49.55
	high	1800	146.22	107.06	31.44	62.69

(本 研究에 使用한 移秧機의 主要財源으로 부터 拔萃함)이다. 가장 많이 벗어난 地點의 誤差가 4.5% (= 1.35/30)程度로 相當히 적게 나타나 走行의 直進性이 좋다고 할 수 있다.

논과 밭에서 同一한 速度水準에서 施行한 實驗 結果의 RMS 誤差들을 計算하였다. 논에서 走行速度가 中速, 高速인 境遇 RMS의 誤差가 各各 5.88, 4.59mm이었고, 밭에서 走行速度가 低速, 高速인 境遇는 RMS의 誤差가 各各 5.24, 4.86 mm이었다. 移秧機의 走行速度가 적은 境遇가 논과 밭에서 똑같이 RMS 誤差가 더 크게 나타났다. 實驗한 結果의 直進性의 RMS 誤差는 0.6 cm 以下이었고 走行時 直線으로 가장 많이 벗어난 길이는 1.35cm이었다. 苗 移秧時 條間距離 30 cm와 比較할때 最大 RMS 誤差가 2% 이었고 直線으로 부터 벗어난 最大 距離가 4.5% 이었다. 이 값들은 相當히 적은 값으로 製作開發한 無線 制御用 移秧機의 直進性은 問題가 없는 것으로 判斷된다.

라. 走行의 旋回性

無線制御用 移秧機의 走行時 旋回性을 實驗한 後 分析하였다. 논(土壤 試料 C)에서 走行速度가 中速, 高速, 밭(土壤 試料 A)에서 走行速度가 低速, 高速인 水準에서 走行의 旋回性을 評價하기 위하여 移秧機의 旋回時 發生하는 軌跡의 外徑과 內徑을 各各 7, 9, 5, 5번씩 反復實驗 結果에서 얻은 값을 利用하여 표2와 같은 各各의 平均과 RMS 誤差, 즉 分散 σ 을 얻었다.

走行時 旋回 軌跡의 平均外徑은 125.4-146.2 cm이었고 外徑의 RMS 誤差 0.3-107.1cm이었다. 또한 軌跡의 平均內徑은 18.0-31.4cm이었고 外徑의 RMS 誤差는 1.6-76.8cm이었다. 특히 논에서 高速 주행시 外徑 및 內徑 RMS 誤差값이 평균값보다 크게 나타났다. 이것은 논에서 빠르게 旋回 走行時 아주 一定한 軌跡을 만들기가 어렵다는 것을 나타낸다. 그러나 논에서 高速 走行을 除外하고는 RMS 誤差값으로 미루어 보아 똑같은 旋回軌跡을 만들기가 어렵지만 원하는 方向으로 軌跡을 만들 수 있는 것으로 보인다.

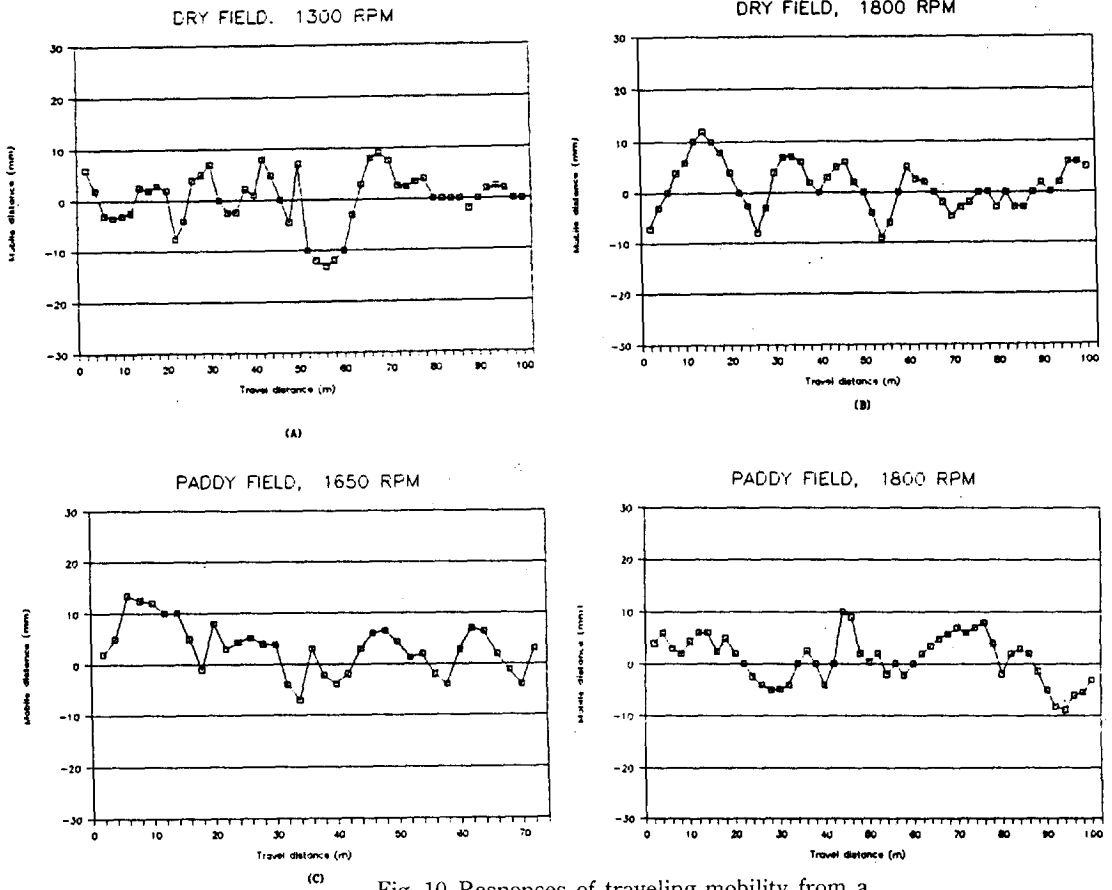


Fig. 10 Responses of traveling mobility from a straight line by using rice transplanter with wireless control system in the field

4. 結 論

이 研究는 步行移秧機를 爲한 無線自動制御 시스템을 開發하고 리모콘으로 制御한 後 移秧機의 圃場實驗 性能을 評價하였다. 移秧機를 走行時 必要한 主 클러치, 左 클러치, 右 클러치, 植付 클러치, 自動채널 스위치, 그리고 制御調節板의 各各 制御하기 爲하여 送信機의 6 채널이 使用되었다.

솔레노이드 밸브와 空壓실린더의 使用으로 移秧機의 作動裝置를 움직이도록 하였으며 操向燈, 植付 苗 供給燈 혹은 操向클러치燈은 移秧機의 作動與否를 確認하기 爲하여 使用하였다.

開發된 無線制御 시스템을 移秧機에 裝着한後 速度의 正確性(Accuracy), 走行의 直進性과 旋回性を 檢證한 結果 問題點이 없는 것으로 評價되었다. 그러므로 開發한 無線制御用 移秧機의 走行에 利用할 수 있을 것으로 判斷되며 트럭터, 移秧機, 콤파인 등의 走行에도 開發한 無線制御 시스템을 利用 할 수 있을 것이다. 無線制御用的 移秧機의 移秧時 植付作業을 爲한 研究와 더불어 經濟性 分析이 더 必要하다.

參 考 文 獻

1. 강예묵의 3 명. 1974. 土質力學. 螢雪出版社.

- 23-32.
2. 空氣壓研究會. 1992. 空氣壓回路圖入門. 氣電研究史. 13-31.
 3. 閔泳鳳. 1987. 마이크로컴퓨터를 이용한 엔진性能 試驗 및 制御. 慶北大學校 大學院 博士學位論文. 55-94.
 4. 李順榮. 1986. 間接法에 의한 基準 모델 適應 制御系의 構成. 慶尚大學論文集 25(2). 115-120.
 5. 崔在甲, 金龍雲. 1972. 水稻移秧機 製作과 그 實用化에 關한 研究. 韓國農工學會誌 14(4). 17-32.
 6. 崔昌鉉. 1988. 農業用 車輛의 操向裝置 自動化. 韓國農業機械學會誌 13(4) 56-63.
 7. 梅田 重夫. 1989. 走行形田植機による植付け條間の變動について. 日本農業機械學會誌 51(5). 105-109.
 8. 三芋善明. 1989. 自動操向トラクタ의開發 (第1報). 日本農業機械學會誌 51(1). 21-28.
 9. 三浦恭志郎, 石用文武, 小林 恭. 1983. トラクタ座席振動の測定と評價(第2報). 日本農業機械學會誌 44(4). 653-660.
 10. 韋 學軍, 高井宗宏, 南部 悟. 1980. 低速無人作業機の自動操向制御に關する研究(第1報). 日本農業機械學會誌 52(2). 19-26.
 11. Harries, G. O., Ambler, B. 1981. Automatic ploughing: A tractor guidance system using optoelectronic remote sensing techniques and a microprocessor based controller. JEAR 26. 33-53.
 12. Murphy, B. R., Tennes, B. R. 1985. Networked microcomputer for feedback control systems: A case study in automatic steering. ASAE paper. 84-1079.
 13. Schager, R. L., Young, R. E. 1979. An automatic guidance system for tractor. ASAE. 46-49(56).