

事後奉仕를 爲한 動力耕耘機 主要 部品の 所要 數量 推定에 關한 研究

Estimation on Repair Part Requirement of Some Major Parts of Power Tiller

李大源* · 金景旭**
Lee, Dae Weon Kim, Kyeong Uk

Summary

Using the renewal theory based on the Weibull distribution, an estimation was made on the number of replacement parts annually required for the after-service of some major parts of power tiller at the local repair shops or dealers.

The production requirements of the parts were also estimated for the service in the next 5 years following the sales of power tillers.

1. 緒論

1983年 末 現在 우리나라의 動力耕耘機 普及 臺數는 總 49萬餘 臺에 이르고 있다. 또한 이들의 整備와 修理 等 事後奉仕의 機能을 遂行하고 있는 修理店과 代理店은 各各 2161個所와 552個所에 達하고 있다. 그러나 動力耕耘機의 普及 臺數에 比하여 修理店과 代理店은 그 數에 있어서나 施設面에서 아직까지 未洽한 實情이다.

修理店과 代理店은 事後奉仕의 機能을 遂行할 수 있는 가장 基本的인 單位이므로 圓滑한 事後奉仕를 위해서는 그 數의 增大는 물론, 修理 人力의 增員, 整備 施設의 改善, 修理 部品の 確保 等이 이루어져야 할 것이다. 특히 修理店과 代理店에서 適正한 水準의 部품을 確保하고 維持하는 것은 대단히 重要な 일이다.

修理 部品の 所要 數量은 機械의 普及 臺數, 部品の 故障 特性과 壽命 等에 따라 다르기 때문에 機種과 部品の 種類에 따라 事後奉仕를 위하여 必要한 數量이 豫測되어야 한다. 部品에 따라 所要 數量을 豫測함으로써 生産者는 部品 生産을 計劃할 수 있고 修理店과 代理店에서는 必要 以上으로 部품을 確保하여 在庫 負擔으로 인한 財政上의 壓迫을 막

을 수 있을 것이다.

그러나 農業 機械化의 主 機種으로 利用되고 있는 動力耕耘機에 대해서도 아직까지 事後奉仕를 위한 修理 部品の 所要 數量이 豫測된 바 없는 實情이다. 本 研究은 動力耕耘機 主要 部品の 壽命 推定에 關한 研究³⁾의 連續으로서 部品の 故障 特性과 壽命을 基礎로 하여 代理店 및 修理店과 生産業體에서 事後奉仕를 위하여 要求되는 主要 部品の 數量을 理論적으로 推定한 것이다.

2. 部品 所要 數量의 推定 理論

機械가 生産 供給된 後 故障으로 因하여 部品이 交換되는 回數는 交換될 部品の 數量에 대한 情報를 提供하여 준다. 즉 豫想되는 部品の 交換 回數로부터 事後奉仕를 위한 修理 部品の 所要 數量을 推定할 수 있다.

R 臺의 同一한 機械가 生産 供給된 後 이 機械의 한 部品이 磨耗로 因하여 故障이 發生하였을 때, 故障나는 즉시 새로운 部品으로 交換하여 준다면, 이 部品の 故障 頻度는 Fig. 1에서와 같이 처음에는 減殺振動을 보이다가 時間이 經過함에 따라 一定한 水準에 이르게 된다. 이 部品の 平均 壽命을 μ , 標準

* 成均館大學校 農科大學

** 서울大學校 農科大學

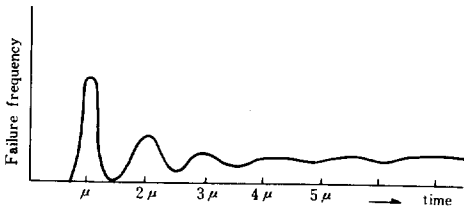


Fig. 1. Failure frequency of renewal population

편차를 σ 라 하면 처음 R개의 부품은 μ 에서 최대의故障頻度を 나타내며 이때에交換된 부품들이 다시 높은故障頻度を 보이는時期는 2μ 가 된다. 그러나 R개의 부품이 모두 동시에交換되는 것이 아니라 初期의 부품이故障남에 따라漸次的으로交換되는 것이기 때문에 2μ 에서의故障頻도는 μ 에서 보다 훨씬 낮아진다. 이와 같은方式으로 부품의交換이繼續되면 使用時間이經過함에 따라 R臺의機械에서 使用되고 있는 이 부품은年齡이 서로 다르게混合되어 外見上 一定한 故障頻度を 나타낸다.

지금 R臺의機械에서 時點 t 以前에 일어날 수 있는 부품의總交換回數를 $N(t)$ 라 하면 $N(t)$ 의期待값은⁸⁾

$$E[N(t)] = Rm(t) \quad (1)$$

와 같다. 여기서 $m(t)$ 는 一定한 時點 t에서 다음과 같은積分方程式을 滿足시키는 renewal function이다.

$$m(t) = F(t) + \int_0^t m(t-x) dx \quad (2)$$

Smith (1963)는 부품의故障分布函數 $F(t)$ 가 Weibull分布函數로서 다음과 같이表現될 수 있는境遇에

$$F(t) = 1 - e^{-t^b} \quad t \geq 0, b > 0 \quad (3)$$

$m(t)$ 를無限級數로서展開하였다.

$$\text{즉, } m(t) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^{k-1} A_k t^{kb}}{\Gamma(kb+1)} \quad (4)$$

여기서 $A_k = \gamma_k - \sum_{j=1}^{k-1} \gamma_j A_{k-j}$ 이며 $\gamma_k = \frac{\Gamma(kb+1)}{k!}$ 이다.

따라서, (1)式은 一定한 時點 t까지 必要한 修理 부품의數量을 推定하는데 利用될 수 있다. 특히 이 방법은 一定한 臺數의機械를 同時に普及한 後 오직 이機械만을 利用한다고 假定하고 必要한 修理 부품의數量을 推定하는데 適合하다.

만약 부품의年齡이混合되어 外見上 一定한 故障頻度を 보인다면 R臺의機械에서 時點 t 以前에 일어날 수 있는 부품의總交換回數의期待값²⁾은

$$\lim_{t \rightarrow \infty} E[N(t)] = \frac{Rt}{\mu} \quad (5)$$

가 된다.

實際 現場에서 使用되고 있는機械들은大部分 그年齡이 一定하지 않으므로 부품 또한混合年齡의狀態로 볼 수 있다. (5)式은機械들이混合年齡의狀態에 있을 때修理 부품의所要數量을 推定하는데 利用될 수 있다.

3. 部品 所要 數量의 算出

所要數量은 代理店 혹은 修理店을 위한境遇와 生産者를 위한境遇로 區別하여 各各의境遇에 있어서 年間 所要數量으로 算出하였다. 對象 부품은 部位別로 나누어 石油 엔진에서 14部品, 디젤 엔진에서 10部品, 本體에서 5部品 트레일러에서 3部品, 쟁기에서 3部品 그리고 로우터리에서 6部品總 41個 부품으로 하였다.

가. 代理店 및 修理店을 위한 境遇

代理店 및 修理店の 事後奉仕는 主로 一定한 地域內에서 이미 使用中인 動力耕耘機를 對象으로 遂行되므로 動力耕耘機의年齡分布가 混合된 것으로 볼 수 있다. 따라서 (5)式을 利用하여 다음과 같이 부품의年間 所要數量을 算出하였다.

年間 所要數量 =

$$\frac{\text{對象 耕耘機 臺數} \times \text{年間 利用 時間}}{\text{부품의 平均 壽命}} \quad (6)$$

여기에서 對象 動力耕耘機의 臺數는 代理店과 修理店에 따라서 달라질 수 있으므로 必要에 따라 決定되어야 한다. 本 研究에서는 하나의基準이 될 수 있도록 1000臺로 假定하였다. 年間 利用 時間 및 부품의 平均 壽命은 아래의 項에서와 같이 決定하였다.

나. 生産者를 위한 境遇

生産者는 一定한 數의 動力耕耘機를 一時에 供給하게 되므로 (1)式을 利用하여 供給後 一定期間까지 事後奉仕를 위한 부품의所要生産數量을 다음과 같이 算出하였다.

$$\text{所要 生産 數量} = \text{供給 臺數} \times m(t) \quad (7)$$

Table 1. Values of the shape parameter b and MTBF μ of parts

		Shape parameter b	MTBF μ			Shape parameter b	MTBF μ
Name of parts				Name of parts			
Kerosene engine	fuel tank	3.33	2476.6hr		gasket	1.49	881.2hr
	condenser	2.65	1064.5hr		fuel tank	1.37	1625.5hr
	radiator	2.02	2480.6hr		fan belt	1.06	1124.8hr
	piston ring	1.40	1711.6hr	Body	break	1.75	1615.1hr
	piston pin	1.34	1838.4hr		axle	1.66	1806.6hr
	gasket	1.26	2090.2hr		clutch disk	1.33	1299.9hr
	piston	1.22	1865.8hr		main belt	1.29	1399.5hr
	cylinder liner	1.18	1938.4hr		side clutch	1.24	1629.8hr
	fan belt	1.15	2038.1hr	Trailer	trailer axle	1.52	699.0hr
	ignition coil	1.10	1521.3hr		hitch pin	1.04	756.4hr
	pointer	1.03	1450.7hr		trailer break	1.02	1377.9hr
	fuel filter	0.90	2298.8hr	Plow	moldboard	1.16	12.67ha
	plug	0.74	386.7hr		skid	1.14	6.10ha
	magneto	0.56	3900.9hr		share	1.09	7.06ha
	Diesel engine	nozzle	1.92	1125.5hr	Rotary	rear wheel pork	1.38
fuel filter		1.75	743.9hr	connecting axle		1.36	29.60ha
injection pump		1.53	1087.7hr	chain		1.08	32.96ha
cylinder liner		1.59	845.6hr	rear wheel bushing		1.07	6.11ha
piston		1.59	845.6hr	rear wheel		1.97	10.94ha
Diston ring p		1.59	845.6hr	rotary knife		1.91	13.39ha
piston pin		1.59	845.6hr				

Table 2. Annual use of power tiller

Power tiller parts	Kerosene engine	Diesel engine	Body	Trailer	Plow	Rotary
Annual use	616.6hr	432.4hr	431.1hr	277.2hr	5.9ha	4.5ha

여기에서 供給臺數는 生産者에 따라서 다를 수 있으므로 必要에 따라 決定되어야 하며 $m(t)$ 는 (4)식에서와 같이 部品の 故障 特性을 나타내는 Weibull 分布의 型的 母數 b 와 供給日로부터 一定 期間까지의 時間 t 에 따라 決定된다. 本 研究에서는 供給臺數를 萬臺로 假定하였으며 供給日로부터 向後 5年間 所要될 部品の 數量을 年次別로 算出하였다. 型的 母數 b 는 아래 項에서와 같이 決定하였다.

다. 型的 母數, 平均 壽命, 年間 利用 時間의 決定

(4)식과 (6)식에서 使用된 型的 母數, 部品の 平均 壽命 및 動力耕耘機의 年間 利用 時間은 本 研究에 先行하여 遂行된 動力耕耘機 主要 部品の 壽命 推定에 관한 研究³⁾의 調査 結果를 使用하였으며 對象 部品에 대한 型的 母數 및 平均 壽命은 Table 1에서와 같다. 動力耕耘機의 年間 利用 時間은 Table 2에서와 같이 部位別로 區別하여 各 部位의 部品에 대하여 使用하였으며 엔진을 除外한 部位別 利用 時間은 石油 耕耘機와 디젤 耕耘機의 境遇를 平均하여 나타낸 것이다. 本體의 利用 時間은 年間 總

利用 時間에서 脫穀 揚水 噴霧作業 時間을 除外한 것이며 トレ일러의 利用 時間은 運搬作業 時間만을 나타낸 것이다. 쟁기 및 로타리의 境遇에는 利用 時間대신 年間 作業 面積으로 나타내었다.

4. 結果 및 考察

가. 代理店 및 修理店을 위한 境遇

代理店 혹은 修理店에서 年齡 分布가 混合된 動力 耕耘機 1000臺를 事後奉仕할 때 主要 部品에 대하여 年間 所要 數量을 算出한 結果는 Table 3에서와 같다. 年間 所要 數量은 플라그가 耕耘機 臺數의 1.6배에 該當되는 1595個로서 가장 많았고 마그네트가 0.16배에 該當되는 159個로서 가장 적었다. 年間 250個 以上 確保해야 할 部品은 總 調査部品の 85%로서 大部分의 部品이 이에 該當되었다. 部品別 所要 數量의 分布로 볼 때 動力耕耘機의 年間 修理 部品은 最小限 耕耘機 臺數의 25% 以上에 該當되는 數量이 確保되어야 할 것으로 判斷된다.

部品別 年間 所要 數量은 (6) 式을 利用하여 어떤 部品에 대해서도 算出할 수 있지만 對象 耕耘機의 年齡 分布에 따라 큰 差異가 있을 것이므로 年齡 分布를 考慮한 所要 數量의 算出 方法이 研究되어야 할 것이다.

Table 3. Expected number of annual replacement parts of power tiller based on 1000 units at local repair shop

	Name of part	Number of parts
Kerosene engine	fuel tank	249
	condenser	580
	radiator	249
	piston ring	361
	piston pin	336
	gasket	295
	piston	331
	cylinder liner	319
	fan belt	303
	ignition coil	406
	pointer	426
	fuel filter	269
	plug	1595
	magneto	159

	nozzle	385
	fuel filter	582
	injection pump	398
	cylinder liner	512
	piston	512
Diesel engine	piston ring	512
	piston pin	512
	gasket	491
	fuel tank	267
	fan belt	385
	break	267
	axle	239
Body	clutch disk	332
	main belt	309
	side clutch	265
	trailer axle	397
Trailer	hitch pin	367
	trailer break	202
	moldboard	466
Plow	skid	968
	share	836
	rear wheel pork	493
	connecting axle	151
Rotary	chain	137
	rear wheel bushing	164
	rear wheel	412
	rotary knife	367

나. 生産者를 위한 境遇

萬臺의 動力耕耘機가 一時的으로 供給되었을 때 向後 5年間 事後奉仕를 위한 主要 部品の 年次別 所要 生産 數量을 算出한 結果는 Table 4에서와 같다. Table 4의 一部 空白 欄은 (4) 式의 計算 結果가 安定된 것만 取하였기 때문이다. 初期 年度에 가장 많이 所要되는 部品은 플라그로서 供給 臺數의 2배에 該當되는 數量이 必要한 것으로 나타났으나 漸次 年次別로 減少하여 2年째 부터는 約 1.7배의 水準으로 나타났다. 一般的으로 年次別 所要 生産 數量의 增減은 3가지 型態로 나타나고 있으며 첫째, 所要 生産 數量이 漸次 增加하는 境遇, 둘째, 一定한 水準을 維持하는 境遇, 셋째 漸次 減少하는 境遇이다. 漸次 增加하는 境遇는 磨耕 故障의 特性을 가지는 部品들 ($b > 1.3$)이었으며, 一定 水準을 維持하는

Table 4. Annual production requirements for power tiller parts based on 19000 units

		year				
		1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th
Name of part						
Kerosene engine	fuel tank	81	704	1,943	3,054	3,076
	radiator	514	1,466	2,163	2,546	2,669
	piston ring	2,191	3,271	3,618	3,734	3,701
	piston pin	2,142	3,050	3,346	3,461	3,482
	gasket	2,030	2,699	2,922	3,021	3,063
	piston	2,498	3,142	3,334	3,414	3,443
	cylinder liner	2,535	3,064	3,219	3,287	3,316
	fan belt	2,502	2,939	3,068	3,156	3,153
	ignition coil	3,722	4,110	4,203	4,258	4,246
	pointer	4,316	4,433	4,459	4,466	4,472
	fuel filter	3,432	3,047	2,953	2,907	2,881
	plug	20,595	17,277	16,906	16,658	16,218
magneto	5,511	3,038	2,609	2,391	2,251	
Diesel engine	nozzle	1,294	3,104	3,889	3,920	-
	fuel filter	3,060	5,627	5,723	-	-
	injection pump	1,697	3,362	3,969	4,024	-
	cylinder liner	2,534	4,510	4,980	4,362	-
	piston	2,681	4,719	5,158	4,223	-
	piston ring	2,681	4,719	5,158	4,223	-
	piston pin	3,448	5,717	5,886	-	-
	gasket	2,936	4,592	4,977	4,756	-
	fuel tank	1,458	2,196	2,487	2,627	-
fan belt	3,186	3,772	3,924	3,982	-	
Body	break	1,224	2,585	3,210	3,417	3,296
	axle	1,135	2,249	2,778	3,002	3,044
	clutch disk	2,764	3,834	4,130	4,208	4,105
	main belt	2,659	3,559	3,817	3,905	3,893
	side clutch	2,370	3,040	3,246	3,333	3,364
Trailer	trailer axle	2,124	3,533	3,984	4,070	3,705
	hitch pin	3,589	3,746	3,784	3,801	3,808
	trailer break	2,000	2,055	2,072	2,080	2,085
Plow	moldboard	4,333	5,053	5,203	5,227	5,123
	skid	9,947	10,853	10,336	-	-
	share	8,757	9,346	9,336	8,806	-
Rotary	rear wheel fork	4,181	5,776	6,003	-	-
	connecting axle	905	1,375	1,584	1,707	1,782
	chain	1,432	1,571	1,618	1,644	1,661
	rear wheel bushing	8,595	9,086	9,099	8,808	7,593
	rear wheel	5,367	5,185	5,149	5,135	5,131
	rotary knife	4,826	4,376	4,237	4,216	4,205

境遇는 偶發 故障의 特性을 가지는 部品들($1 < b < 1.3$)로, 漸次 減少하는 境遇는 初期 故障의 特性을 가지는 部品들($b < 1$)로 나타났다.

動力耕耘機의 生産 臺數가 增加하면 (4)式과 (7)式을 利用하여 一定 期間까지 必要한 部品の 生産 數量을 算出할 수 있으나, 所要 生産 數量은 供給된 耕耘機 臺數에 比例하므로 Table 4의 값은 所要 生産 數量을 推定하는 基準이 될 수 있다.

5. 結 論

部品の 故障 特性과 平均 壽命을 利用하여, 事後 奉仕를 위한 動力耕耘機 主要 部品の 年間 所要 數量을 算出할 수 있는 方程式을 提示하고, 代理店 혹은 修理店의 境遇에는 1000臺, 生産者의 境遇에는 10000臺의 動力耕耘機를 基準으로, 主要 部品の 年間 所要 數量을 算出하였다.

本 研究에서 提示된 年間 所要 數量 및 年次別 所要 生産 數量은 動力耕耘機의 臺數가 相異한 境遇에도, 相異한 臺數에 대한 年間 所要 數量 및 年次別 所要 生産 數量을 算出하는 基準이 될 수 있을 것이다.

參 考 文 獻

1. 琴東赫外 1人. 1975. 미스트기 部品の 故障 實

態 調査에 의한 信賴性의 豫則. 韓國農工學會誌, 17(1), pp. 76~85.

2. 朴景洙. 1982. 信賴度 工學 및 整備理論. 塔出版社, pp. 415~485.
3. 李大源, 金景旭, 琴東赫. 1983. 動力耕耘機 主要部品の 壽命 推定에 關한 研究. 韓國農業機械學會誌, 8(1), pp. 30~37.
4. Kapur, K.C., L.R. Lamberson. 1977. Reliability engineering design. John Wiley & Sons. pp. 291~341.
5. Kumar, R., J.R. Gross, H.E. Studer. 1977. A study of combine harvester reliability. Transactions of the ASAE, Vol. 20, No. 1, pp. 30-34.
6. Leadbetter, L.R. 1963. On series expansions for the renewal moments. Biometrika, 50(1,2), pp. 75-80.
7. Park, K.S. 1979. Optimal number of minimal repairs before replacement. IEEE Transaction on Reliability, R-28(2), pp. 137-140.
8. Sidall, J.N. 1969. Analytical decision making in engineering design. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, pp. 280-303.
9. Smith, W.L., M.R. Leadbetter. 1963. On the renewal function for the Weibull distribution. Technometrics, 5(3), pp. 393-397.

學 會 廣 告

◎ 第9次 定期 總會

本 學會 第9次 定期 總會 및 세미나 開催日程이 아래와 같이 決定되었습니다. 이번 總會에서는 會則에 따라 會長團 選舉가 있습니다. 會員 여러분의 빠짐없는 參席을 바랍니다.

＝ 아 . 래 ＝

가. 日 時: 1984. 7. 29(日)~1984. 7. 30(月)

나. 場 所: 昌源觀光호텔

다. 內 容: 1) 總會

2) 農業機械化 促進에 關한 세미나

3) 工場見學(東洋物産 企業株式會社)