

平衡式 振動彈丸 暗渠穿孔機의 研究(Ⅲ)

—牽引力, 토크, 動力 및 모멘트에 關한 模型實驗—

A Study on Balanced-type Oscillating Mole-Drainer(Ⅲ)

(Model Test for Draft Force, Torque, Power and Moment)

金 容 煥*
Kim. Yong Hwan

Summary

This paper is the third one of the study on balanced type oscillating mole-drainer, the first one was presented in No 9. Gyeongsang College Report and the second one in Vol. 17, No. 4 of the KSAE.

In the first part of this study, the characteristics of traction forces between the non-oscillating earth working equipments and oscillating ones was compared. A model of the balanced type oscillating mole-drainer, which composed of a mechanism that may reduce the machine vibration, was designed following the dimensional analysis and similitude technique. The model test was carried out to clarify the balancing mechanism of the oscillating parts and other parts of the machine. In the light of the results from the model tests, a prototype machine was made for experimental purpose. Results from the field test by a reported in the near future.

In the second report, the model tests were carried out under the same soil conditions, i.e., oscillating frequency, running velocity, and oscillating amplitude, etc. It was clear that use of balanced type oscillating model could substantially reduce the vibration of the whole system of the machine, when compared with the nonoscillating type model.

In this paper(the third report), results of investigation on the traction force, power requirement, and moment, etc, is presented. Analysis of variance technique was used for analyzing the effect of the frequency, amplitude, and running velocity on the draft force, torque, power requirements, and moments. The results obtained from the model tests are as follows,

- 1) By practicing a balanced-type oscillating mole-drainer, it was possible to reduce the traction resistance by 55.1-61.2 percent of traction resistance, however, was 1.75-1.95 times greater than the value of resistance which was induced by use of a mole-drainer with single bullet. The resistance of rear shank against soil was considered as a main causing factor of the above results.

* 慶尙大學 農工科

- 2) As the oscillation frequency was increased, the traction resistance was decreased. Considering on the effect of oscillation the greater the amplitude, and the slower the running velocity was, the greater the reduction ratio of traction resistance was.
- 3) The ratio of the traction resistance of oscillating mole-drainer to that of non-oscillating one could be represented as a function of dimensionless variable (V/Af) . The results from the tests were well agreed with the reported results from the experiments on oscillation plow or hoe.
- 4) By taking a lower value of (V/Af) , reducing the traction resistance was possible. This fact meant, however, that the efficiency of mole drain practice would be lower.
- 5) It was experimentally confirmed under the same condition of soil that the variable (R/rD_1^3) could be represented as a function of a variable (V^2/gD) when a non-oscillating mole-drainer was used.
- 6) When a oscillating mole-drainer was used, the variable (R/rD_1^3) could be represented as a function of two variables (v^2/gD_1) and (V^2/gD_1) .
- 7) The torque was not affected by a change of frequency. However, a relation of proportionality existed between torque and amplitude, running velocity, and ratio of bullet diameter. When a balanced type oscillating mole-drainer with two bullets was used, torque was increased by 52.8-78.4 percent and total power requirement was also increased.
- 8) Total power requirement was increased linearly in accordance with the increasing frequency, 41.96 percent of total power was used for oscillating action. The magnitude of total power requirement was 1.8-9.4 times greater than that of a non-oscillating mechanism. In the view point of power requirement, it was not advisable to increase the frequency, amplitude, running velocity, and ratio of bullet diameter at the same time.
- 9) Only the positive moment occurred in the rear shank. Change of the diameter of a rear bullet, could not affect the balancing against the soil resistance. It was necessary for rear bullet to have a large resistance against soil only when the rear bullet was in backward motion.
- 10) Within an extent of the experimental base, optimum limits for several design factors were $A=0.5\text{cm}$, $f=22.5\text{Hz}$, $V=0.05\text{m/sec}$, and $\lambda=1.0$ By adapting these values traction resistance was reduced by 40 percent and vibration acceleration was reduced by 60 percent. Even though the total power requirements for operating a balanced type oscillation mechanism was greater than that of non-oscillating one, using a oscillating mechanism would be more effective. Because a balanced type oscillating mechanism is used, tractive resistance will be reduced and then the lighter tractive equipment could be used.

1. 結 論

第一報에서는 非振動式과 振動式 耕耘作業機의 牽引力의 差異點에 關하여 考察하고 振動式機械의

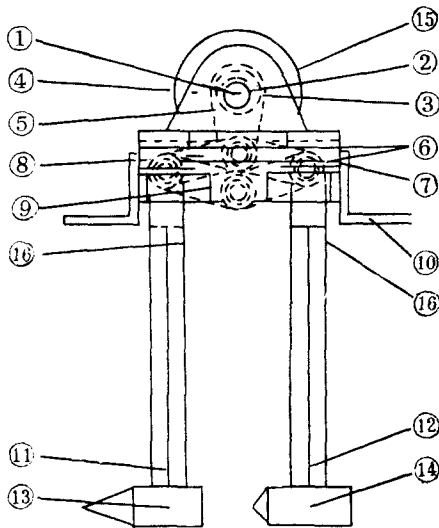
短點인 機械의 振動을 輕減시키기 위하여 平衡式振動機를 考案하여 이것의 模型實驗機를 設計하기 위하여 次元解析法에 따라 實物과 模型의 相似率에 關해 考察하였다. 이에 따라 設計된 模型實驗機에서의 振動部分 및 不平衡의 原因이 될 수 있는 部分의 平衡

에 關하여 理論的으로 考察한 結果와 模型製作에 關하여 報告하였으며 第2報²⁾에서는 設計된 模型實驗에 對한 實驗을 遂行하기 爲하여 土性을 調査하고 實驗時에는 可及的 土性을 一定하게 維持하도록 하여 振動數 走行速度 振幅등을 parameter로 하여 特히 機械의 振動에 關한 實驗結果에 對하여 考察하였으며 平衡式振動機 및 單振動式은 非振動式에 比하여 顯著하게 機械의 振動을 輕減시킬 수 있음을 알 수가 있었다.

本報에서는 平衡式振動機로 穿孔할 境遇의 穿引力, 토크, 所要動力 및 shank部分의 모멘트에 關한 實驗結果를 分散分析을 通하여 振動數, 振幅, 走行速度등이 穿引力, 토크, 所要動力, 모멘트등에 미치는 影響을 究明하고자 하였다. 本 研究를 遂行함에 있어 積極的인 指導와 協助을 아끼지 않았던 日本 京都大學 農業機械學 研究室의 川村登教授와 研究室 여러분에게 深甚한 謝意를 表하는 바이다.

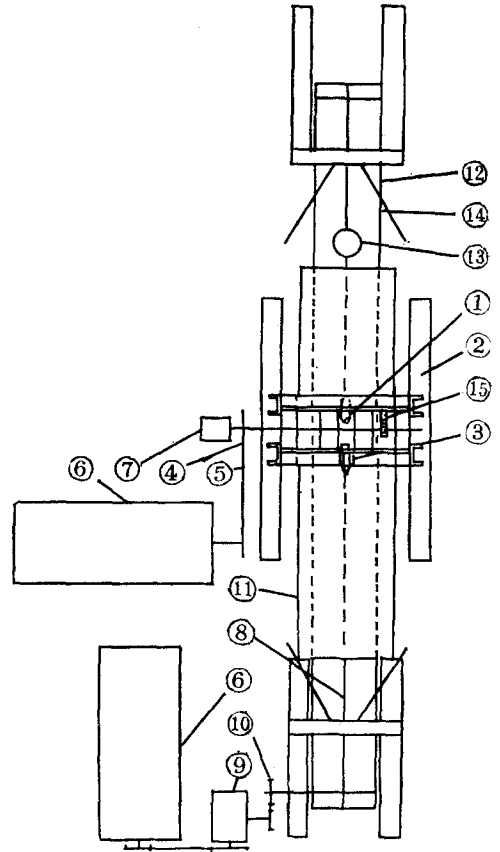
2. 實驗裝置 및 方法

가. 測定方法



- | | |
|--------------------|-----------------|
| 1. main shaft | 9. lower link |
| 2. eccentric shank | 10. flame |
| 3. needle bearing | 11. front shank |
| 4. pillow block | 12. rear shank |
| 5. connecting rod | 13. front mole |
| 6. pin | 14. rear mole |
| 7. block | 15. slip ring |
| 8. upper link | 16. strain gage |

Fig. 1. Mechanism of model (side view)



- | | |
|------------------|------------------------------|
| 1. model | 9. reduction gear |
| 2. flame | 10. sprocket |
| 3. accelerometer | 11. soil bin |
| 4. belt pulley | 12. rail |
| 5. belt | 13. proving ring |
| 6. motor | 14. stopper |
| 7. slip ring | 15. electro magnetic pick-up |
| 8. chain | |

Fig. 2. Plane view of experimental apparatus

機械의 作動 및 構造에 關하여는 第1報, 第2報에서 說明하였기 때문에 여기서는 省略하기로 한다.

土壤槽를 穿引하는 鏈의 穿引力은 그림(2)의 13과 같이 proving ring에 strain gage를 貼付하여 測定하였다. 振動에 所要되는 動力을 測定하기 爲하여는 그림(2)의 主軸에 strain gage를 貼付하여 7의 slip ring을 通하여 토크를 檢出하고 이것에서 算出하였다. 또 各特性値와 位相사이의 關係를 보기 위하여 15에 設置된 電子 pick-up으로서 主軸의 回轉角을 檢出하였다. 前後 shank와 흙의 抵抗力과의 平

衡狀態를 보기 위하여 그림(1)의 각 shank에 添付된 16의 strain gage로서 moment를 測定하였다.

나. 實驗條件

土壤槽의 흙의 物理的特性은 第2報에서 報告한 바와 같으며 振動機械의 實驗條件은 다음과 같다.

土壤槽의 走行 速(m/sec)	$V_1(0.05), V_2(0.125), V_3(0.20)$
度 振動彈丸의 振動數(Hz)	$f_1(7.5), f_2(15.0), f_3(22.5), f_4(30.0)$
振動彈丸의 振 幅(cm)	$A_1(0.25), A_2(0.50), A_3(1.0)$
前後彈丸의 直 徑	$\lambda_1(1.0), \lambda_2(1.2), \lambda_3(1.4)$
穿 比 深(cm)	$d_1(8.05), d_2(10.05), d_3(12.05), d_4(14.05)$

第2報²⁾의 oscillograph에서 볼 수 있는 바와 같이 토크와 모멘트는 周期的인 變動을 하고있으며 穿引抵抗은 거의 一定함을 알수가 있다. 따라서 이들의 代表值로서는 機何學의 平均值를 取하였다.

$$y = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt$$

여기서 T=平均時間

積分의 近似計算에는 Simpson의 公式를 使用하였다.

3. 實驗結果 및 考察

가. 牽引抵抗

그림(3)은 振動數와 牽引力의 關係에서 前後 彈丸體의 直徑比의 影響을 나타낸 것이다.

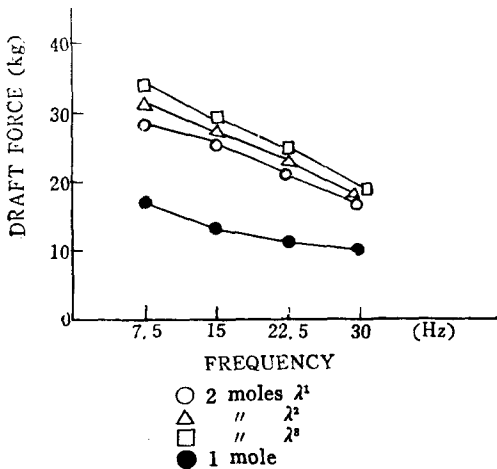


Fig. 3. Relation between draft forces and frequency for various diameter ratio of bullets.

그림에서 볼수있는 것과 같이 牽引抵抗은 振動數와 더불어 減少하고 直徑比, λ 에 따라서 差異가 있음을 알수가 있다. 牽引抵抗 - 振動數曲線이 거의 平行인 것은 振動數와 直徑比사이에서 交互作用이 거의 없음을 나타내고 있음을 分散分析의 結果로 부터 알수 있었다.

直徑比가 1.0일 境遇 30(Hz)로 振動시키면 非振動時의 抵抗의 55.1% 減少하였고 1.2일 境遇에는 56.17%, 1.4일 때에는 67.17% 減少됨을 알수 있었다. λ 가 클때 減少率이 큰 것은 振動時의 牽引抵抗도 크지만 非振動時의 牽引抵抗이 더욱 크기 때문이다.

黑點은 彈丸體 1개의 境遇인바 이때에도 振動數의 增加에따라 牽引抵抗은 減少하지만 非振動時에 對한 減少率은 30(Hz)때 49.37%로서 平衡式에보다 적음을 알 수 있다. 또한 平衡式으로 裝置함으로써 抵抗은 直徑比가 1.0일때 彈丸 1개때의 1.750배, 1.2 때 1.849배 1.4 때 1.950 배로 增加함을 볼 수가 있다. 이것은 뒷 shank의 抵抗과 뒷 彈丸體의 抵抗에 依한 것으로 推定되는데 그림(3)으로부터 直徑比에 依한 抵抗差가 적다는 事實은 뒷 shank의 抵抗때문이라고 생각되며이는 위에 言及할 shank단의 實驗 結果에서 數量的으로 理解될 수 있음 것이다. 彈丸體의 先端角이 앞 彈丸體의 그것보다 크고 또 앞 彈丸體와 뒷 彈丸體가 水平運動을 함으로써 그 사이에 흙이 들어가기 때문등인것 등으로 생각되나 이들이 主要原因이 아니라는 것은 shank단의 實驗 結果 혹은 切斷模型으로서 하는 直視實驗 結果로부터 明白하게 究明할 수 있었다. 따라서 뒷 shank의 두께를 얇게하고 목을 짧게하는 것이 좋을것으로 思料 되었으며 뒤에 說明하는 모멘트의 考察로부터 알 수 있는 바와 같이 흙의 抵抗力의 平衡이 이루어지지 않는다면 뒷 彈丸體를 흙 속에 插入하지 않는것이 抵抗의 觀點에서 볼때 有利的한 것으로 判斷되었다. 그러나 이것은 뒷 彈丸體에 暗渠成形이란 役割을 賦與하지 않는 結果가 된다. 그러나 振動하고있는 彈丸體의 成形作用有無는 아직 確實치가 않다.

그림(4)은 牽引抵抗과 振動數의 關係에서 여러가지 振幅의 影響을 나타낸 것이다. 振幅이 클수록 抵抗 減少의 效果가 있음을 알 수 있으며 輕減率은 振幅이 0.25cm 일 때 29.70%, 0.50cm 때 30.99%, 1.00cm때 63.20%이었다. 振幅이 抵抗에 큰 影響을 준다는 것은 分散分析의 結果로 부터도 알 수 있었다.

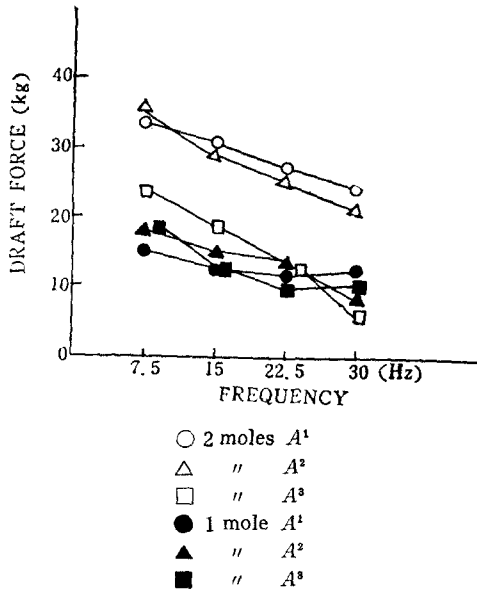


Fig. 4. Relation between draft force and frequency for various amplitude

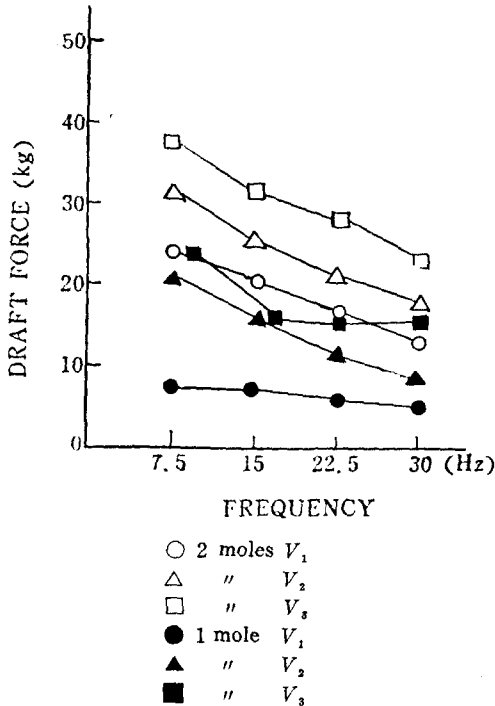


Fig. 5. Relation between draft force and frequency for various velocity of soil

그림(5)는 牽引抵抗과 振動數의 關係에서 土壤槽의 走行速度의 影響을 나타낸 것이다. 抵抗의 輕減率은 走行速度가 0.20m/sec 일 때 31.50%, 0.125m/sec 일 때 41.43%, 0.05m/sec 일 때 52.50%이었다. 이 結果로부터 速度가 늦을수록 振動에 依한 抵抗減少의 效果가 크다는 事實을 알수가 있었다.

이것은 牽引抵抗을 無次元量으로 表示한 後述의 그래프에서 쉽게 理解 할 수 있을 것으로 생각된다.

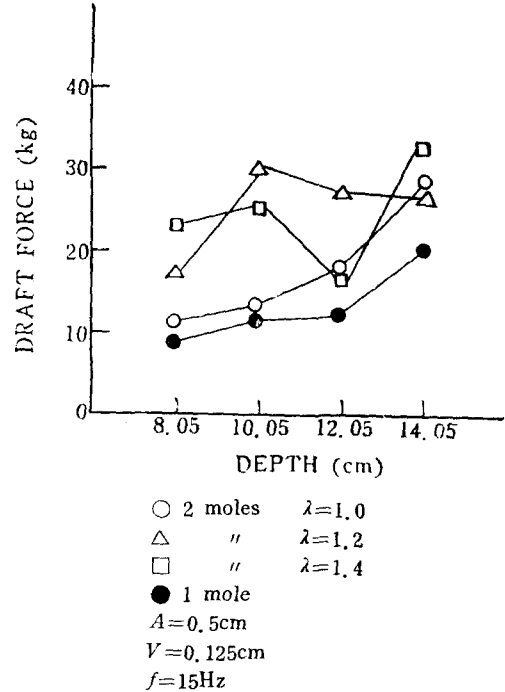


Fig. 6. Relation between draft forces and piercing depth for various diameter ratio of bullets.

그림(6)은 牽引抵抗에 對한 穿孔深의 影響을 調査한 것인데 彈丸體가 1개일때 깊이와 더불어 牽引抵抗이 增加하는 것을 分明히 알 수 있으나 彈丸體 2개일때는 直徑比에 對한 牽引抵抗의 曲線群이 交錯하여 이事實이 不明瞭함을 알 수 있다. 이것은 土壤의 깊이와 더불어 硬度가 理想的으로 調和를 이루지 못하였기 때문이라고 生覺된다.

그림(7)은 彈丸體를 shank에서 때어내어 shank 만으로서 穿孔하였을때의 牽引抵抗과 振動數에 따른 抵抗의 影響을 表示한 것이며 그림(8)은 速度의 影響을 表示한 것이다.

實驗의 再現性이 있는 것이라면 彈丸體와 shank 의 抵抗의 比率은 이 shank만의 實驗과 彈丸體를 装着하였을 때의 實驗으로부터 쉽게 算出할 수 있을

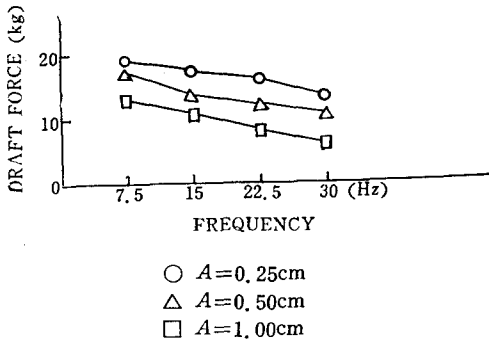


Fig. 7. Relation between draft forces and frequency for various amplitude of vibration. when there are only shank without bullets

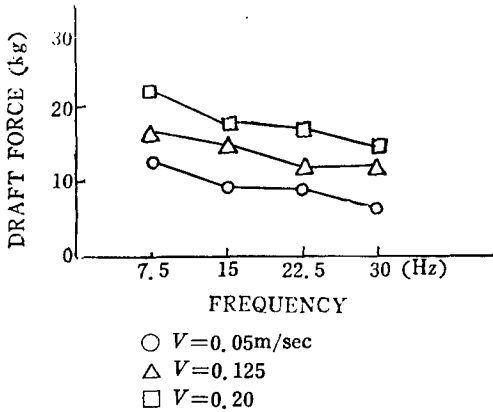


Fig. 8.

것이다. 즉 彈丸部의 抵抗은 45.18%, shank部の 抵抗은 54.82%로서 全體의 半以上이 되어 問題가 된다. 흙과 接觸하는 面積은 彈丸部가 38.63% shank部가 61.36%의 比率이다.

그림(9)는 非振動時의 牽引抵抗을 나타낸 것이며 彈丸體 2개인 境遇의 抵抗은 直徑比가 1.0 일 때 彈丸體 1개인 境遇의 1.85倍였으며 1.2 때는 1.955倍였으며 1.4때는 2.266倍였다. 따라서 彈丸體 1개인 境遇보다는 2개인 境遇가 如實히 抵抗이 큰을 알 수 있었다.

그림(10)은 振動時의 牽引抵抗을 非振動時의 牽引抵抗으로서 나누어 無次元化한 값과 無次元量 V/Af 와의 關係를 直徑比가 1.0인 경우에 대해서 나타낸 것이다 이 그림에서 알 수 있는 바와 같이 牽引抵抗을 50% 程度 減少시키기 위해서는 V/Af 의 값을 1以下로 하여야 한다. 따라서 V 를 적게 하든

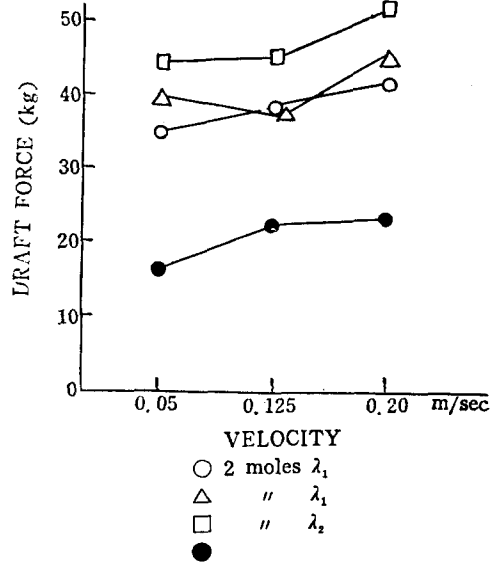


Fig. 9. Relation between oscillated draft forces and velocity for various diameter ratio bullets

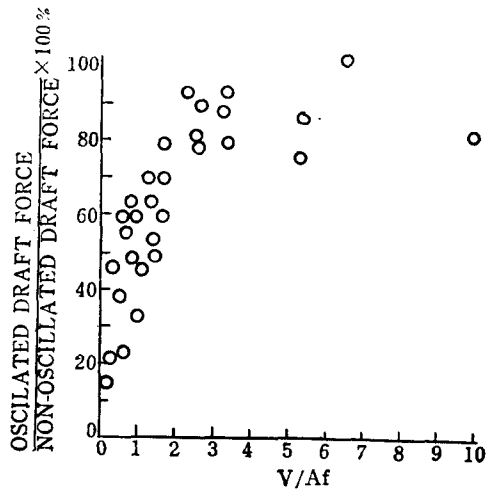


Fig. 10. Dimensionless representation of draft force for $\lambda=1.0$

지 혹은 V 가 클 境遇에는 A 와 f 를 크게 하여야 할 것이다. 後者의 境遇에는 振動에 要하는 動力이 增大할 것이다. 直徑比가 1.2, 1.4때에도 비슷한 傾向을 나타냄을 알 수 있었다.

그림(11)은 subsoiler, plow에 관한 既存 實驗結果와 彈丸暗渠의 模型實驗 結果를 比較한 것이다. 흙의 條件이나 模型의 尺度가 서로 다른 것들은 比

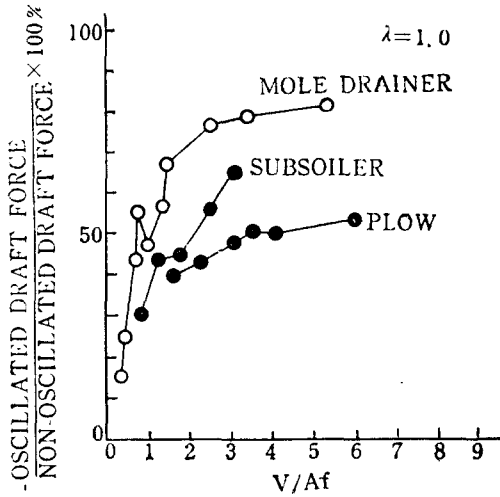


Fig. 11. Dimensionless representation of draft force for plow subsoiler and mole drainer

較한다는 것은 無理한 일이나 V/Af 의 相關을 보기 위하여 同一 그래프에 나타내었다. 어느 것이나 振動에 依해 牽引抵抗을 減少시키기 위해서는 V/Af 의 값에는 制限이 있음을 알 수가 있었고 또한 이것은 作業能率의 制限要素가 됨을 알 수가 있었다.

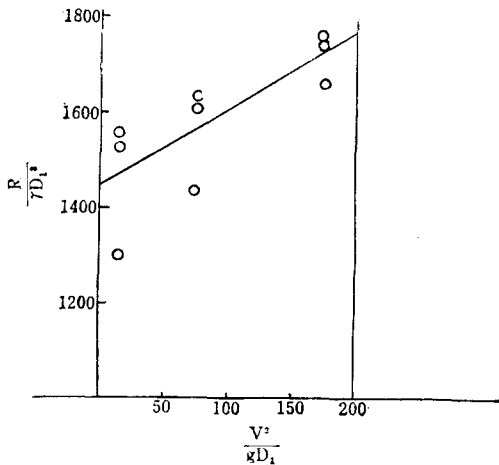


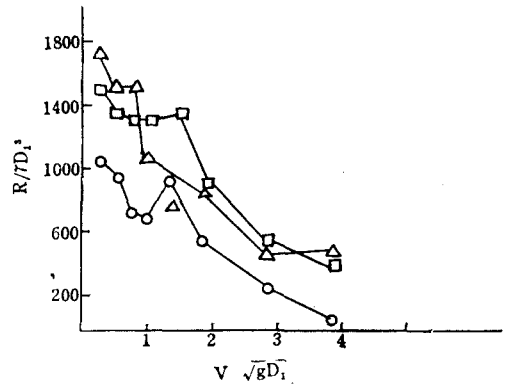
Fig. 12. Relation between R/rD_1^3 and V^2/gD_1 for non-oscillating models

그림(12)는 非振動式 일때의 R/rD_1^3 과 V^2/gD_1 의 關係를 나타낸 것이며 이 그래프에서 보는 바와같이 R/rD_1^3 은 軸의 條件이 一定할 境遇 V^2/gD_1 의 函數로

表示될 수 있다⁽¹⁾.

即 豫測式에서 一次項까지만 取하면

$R/rD_1^3 = 1,463.59 + 1,515.31 \times \frac{V^2}{gD_1}$ 과 같이 表示할 수 있으며 이 豫測式을 利用하여 抵抗을 豫測할 수 있을 것이다. 그러나 本 豫測式에서는 同時에 길이의 函數임을 考慮하지 않았기때문에 實物의 抵抗을 豫測한다는 것은 어려운 일이다.



- $\frac{V}{\sqrt{gD_1}} = 0.1010$
- △ " = 0.2525
- " = 0.4940

Fig. 13. Relation between R/rD_1^3 and $V/\sqrt{gD_1}$ for oscillation

그림(13)은 振動式의 境遇에 對하여 R/rD_1^3 과 $v/\sqrt{gD_1}$ 의 關係에서 $V/\sqrt{gD_1}$ 의 影響을 調査하였다. 振動式의 境遇 R/rD_1^3 은 軸의 條件이 一定할 때는 $v/\sqrt{gD_1}$ 과 $V/\sqrt{gD_1}$ 의 그 變數函數로 된다는 것은 實驗의으로도 立證된다고 볼 수 있다. 따라서 第1報의 豫測式은 實驗에 對하여 適合性이 있다고 生覺된다.

나. 2 動力

그림(14)는 토크와 振動數의 關係에서 直徑比의 影響을 調査한 것이다.

模型實驗에서는 토크는 振動數에 依하여서는 거의 變化하지 않고 直徑比에 依하여 差가 있음을 보여주고 있다. 彈丸體가 2개인 境遇는 彈丸體 1개인 境遇보다 토크는 增加하였다. 直徑比가 1.0인 境遇는 52.8% 1.2의 境遇 61.53% 1.4인 境遇는 78.4% 增加하였다. 즉 토크가 增加하였음은 動力이

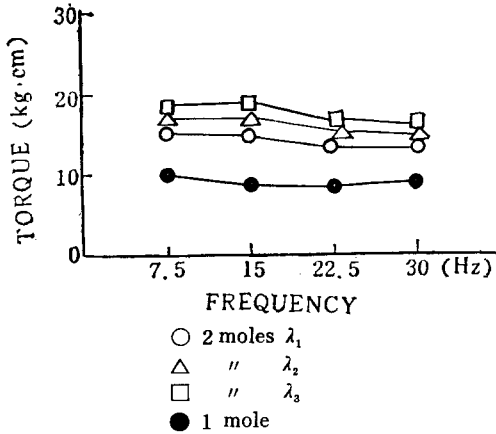


Fig. 14. Relation between torque and frequency for diameter

增加하였음을 意味하는 것이다.

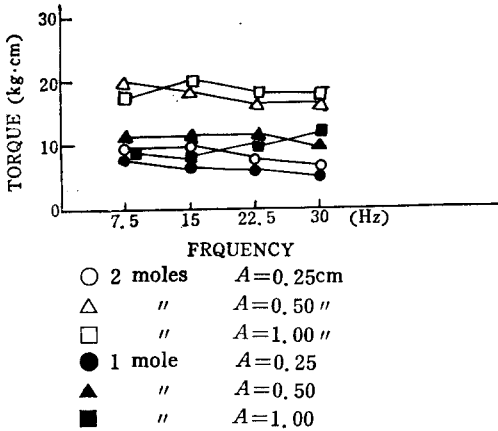


Fig. 15. Relation between torque and frequency for amplitude

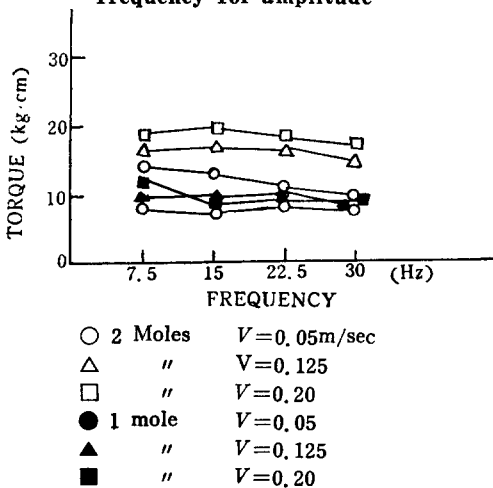


Fig. 16. Relation between torque and frequency for velocity

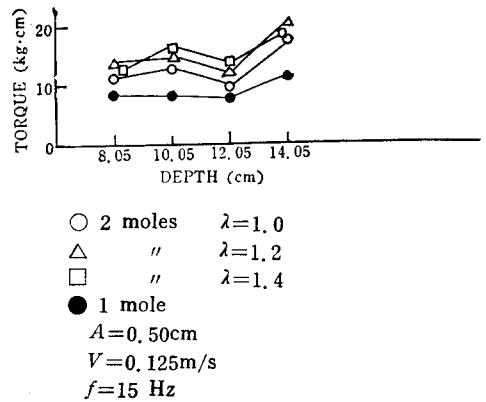


Fig. 17. Relation between torque and depth for diameter ratio.

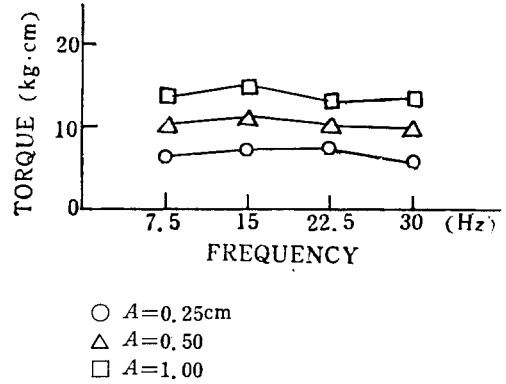


Fig. 18. Relation between torque and frequency for amplitude without bullets

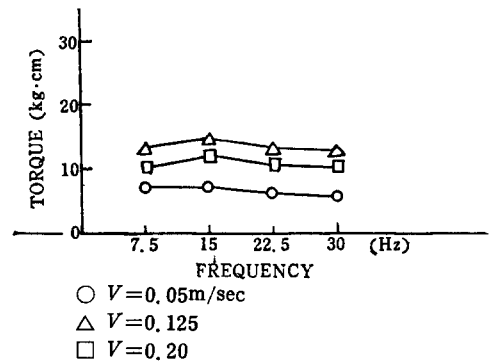


Fig. 19. Relation between torque and frequency for velocity without bullets

그림 (15), (16)은 토-크와 振動數의 關係에서 各 振幅과 速度의 影響을 調査한 것이며 그림 (17)

은 토-크와 穿孔深과의 關係를 調査한 것이다.
그림 (18), (19)는 shank單의 토-크 測定結果를 나타 내었다.

振動動力은 다음式으로부터 算出하였다.

$$P = \frac{2\pi f T}{4500}$$

振動動力에 牽引動力을 加하여 總動力으로 하였다

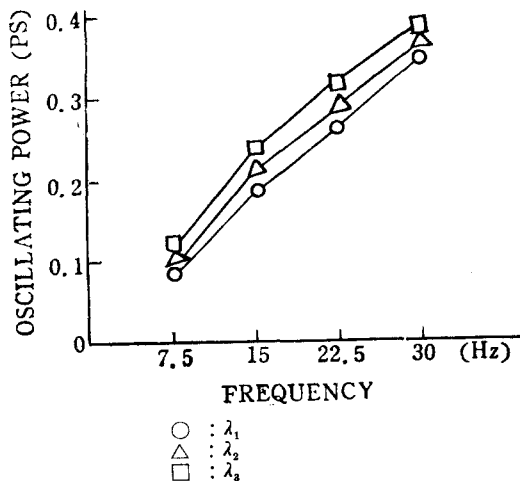


Fig. 20. Relation between oscillating power and frequency for diameter ratio

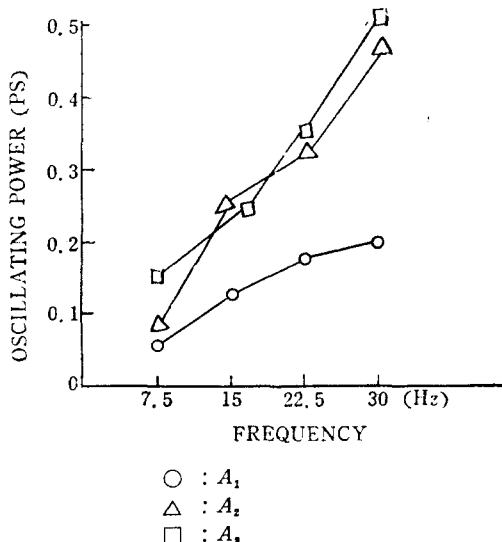


Fig. 21. Relation between oscillating power and frequency for amplitude.

그림 (20)~(22)는 振動動力과 振動數의 關係에서 各各 直徑比 振幅 速度의 影響을 나타낸 것인데 振動數가 增加할수록 振動動力이 增加하였음을 나타내고 있으며 既往의 振動式 農業作業機의 傾向과 비슷한 傾向을 나타내고 있다.

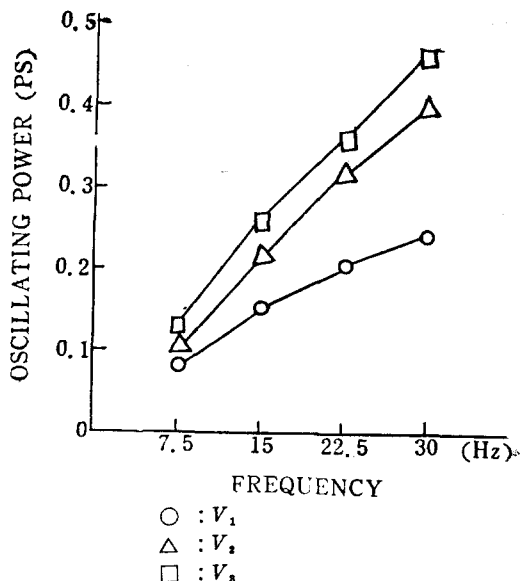


Fig. 22. Relation between oscillating power and frequency for velocity

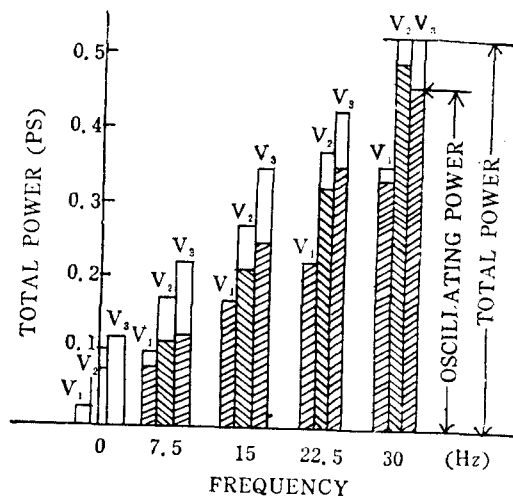
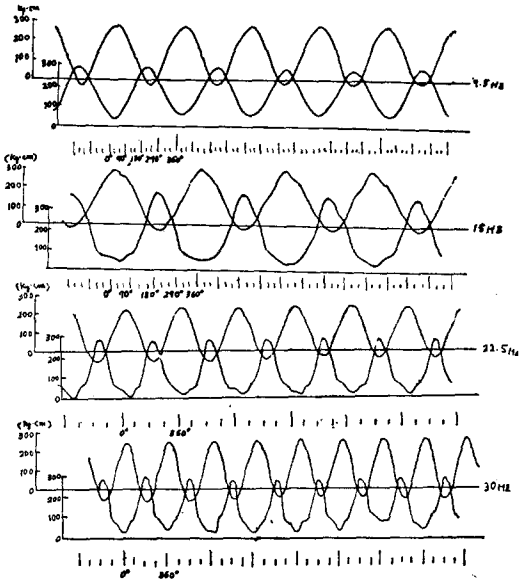


Fig. 23. Relation between total power and frequency for velocity

그림 (23)은 總動力과 振動數의 關係를 나타낸 것이며 黑色部分이 振動動力을 나타내고 있다. 總動力은 振動數와 더불어 增加하고 總動力의 大部分이 振動動力에 消費되고 있으며 그 比率은 速度가 늦을수록 크다는 것을 알 수 있다. 또 走行速度가 0.05m/sec 때 非振動時의 動力의 280.5%~845.3% 또 0.125m/sec 때 136.7~529.6%, 0.20m/sec 때 84.31%~330.5% 程度 增加하였다. 動力 增大의 原因은 첫째 振動動力이며 그것은 즉 振動數와 토-크이다. 그런데 토-크는 振動數에 거의 影響을 받지않고 振

幅다음으로 速度에 크게 影響을 받는다. 따라서 動力의 觀點부터 본다면 振振數 振幅 速度를 同時に 크게 한다는 것은 바람직하지 못함을 알 수 있다.

다. 모멘트



OSCILLOGRAM OF MOMENT (A=0.50, v=0.05, λ=1.0)

Fig. 24. A example for oscillogram of moment (A=0.50, V=0.05, λ=1.0)

그림 (24)는 모멘트의 oscillogram의 典型的인 例로서 A=0.50cm V=0.05m/sec λ=1.0의 境遇를 나타내고 있다. 位相은 主軸의 回轉角으로 表示하였다. oscillogram의 上段이 前部 shank의 모멘트이며 下段이 後部 shank의 모멘트이다. 縱軸의 모멘트는 軸의 抵抗의 方向을 (+)로 하였다. 主軸의 回轉角이 0°일때 彈丸體는 中立의 位置에 있고 90°일때 前部 彈丸體는 가장 앞에 나온 位置에 있으며 後部 彈丸體는 가장 後退한 位置에 있다. 前部 shank의 모멘트의 最大値는 回轉角이 40° 부근에서 즉 前部 彈丸體가 가장 前方에 나올 때이다. 또 後部 shank의 모멘트는 205° 부근 주 後部 彈丸體가 가장 前方에 나오기 전에 이미 極大値에 달하고 있다. 다음에 軸의 抵抗値의 平衡에 因하여 調査하여 보면 前部 shank의 모멘트는 (-)로 되는 일이 있으나 後部 shank는 (+)로 될 뿐이고 (-)로 되는 일은 없다. 前部 shank의 모멘트와 後部 shank의 그것과를 合成한 것이 서로 相殺하여 平衡이 되는 것이 現想的이지만 이 實驗에서는 後部 彈丸體의 直徑의 크기에 關係

없이 이런일이 없었다. 따라서 後部 shank의 모멘트가 全體로서 (-)方向으로 移動하면되기 때문에 後部 彈丸體가 後退할 때 (-)의 모멘트가 作用하도록 한다. 그러기 위하여는 後部 彈丸體가 後退할 때 단 軸과의 抵抗이 크게 되도록 할 必要가 있는데 後部 彈丸體의 表面의 形狀 혹은 材質을 앞에서와 다르게 하는 일들을 生覺할 수 있다.

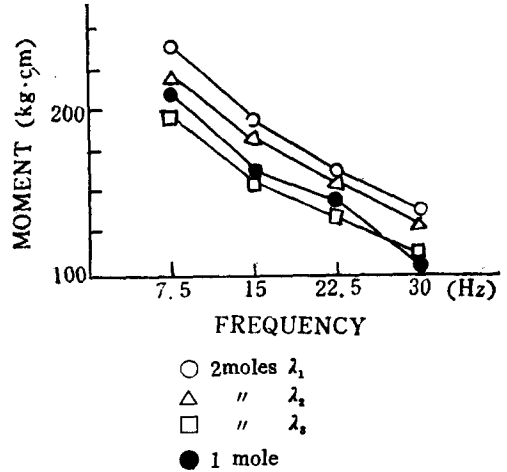


Fig. 25. Relation between moment of front shank and frequency for diameter ratio

그림 (25)는 前部 shank의 모멘트와 振動數의 關係에서 直徑比의 影響을 調査한 것인데 모멘트가 振

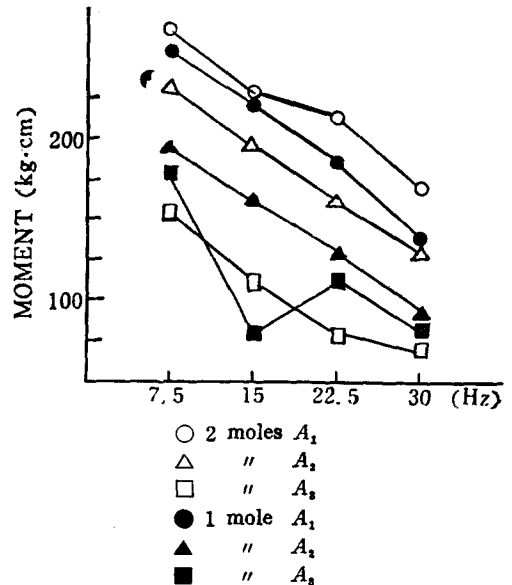


Fig. 26. Relation between moment of front shank and frequency for amplitudes

動數와 더불어 減少하여 있는 것은 牽引抵抗의 境遇와 비슷한 傾向이지만 直徑比가 클수록 前部 shank의 모멘트가 적어지는 것은 注目할 만한 것이다.

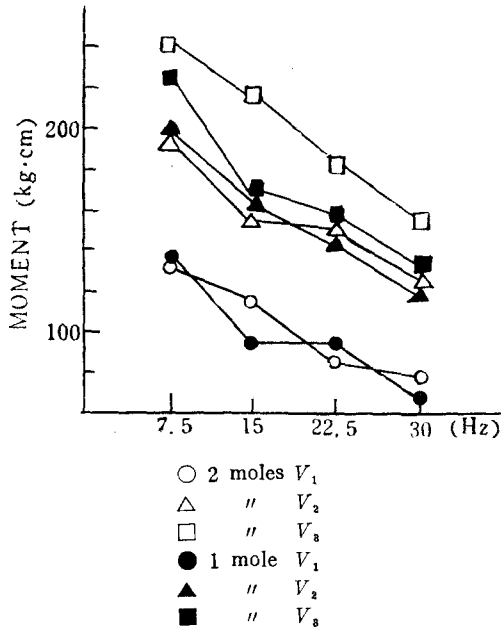


Fig. 27. Relation between moment of front shank and frequency for velocity

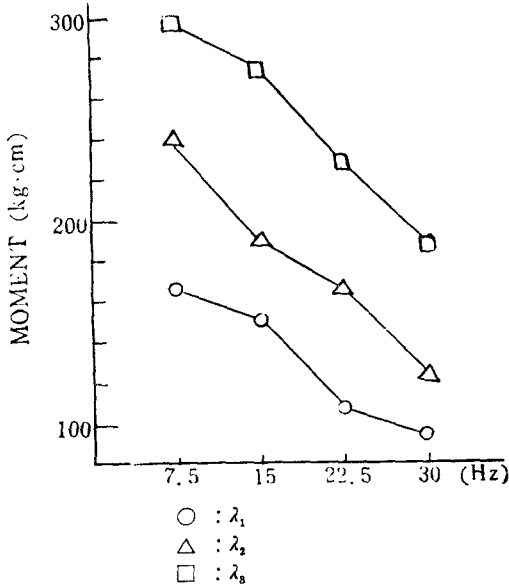


Fig. 28. Relation between moment of rear shank and frequency for diameter ratio

그림 (26)은 前部 shank와 振動數의 關係에서 振幅의 影響을 調査한 것인데 振幅이 클수록 모멘트가 적은 것은 牽引抵抗의 境遇와 같다.

그림 (27)은 역시 速度의 影響을 調査한 것이며 彈丸體가 1개의 境遇나 2개의 境遇나 速度가 클수록 모멘트가 큼을 보여준다.

그림 (28)은 後部 shank의 모멘트와 振動數의 關係에서 直徑比의 影響을 調査한 것인데 모멘트가 振動數와 더불어 減少하여 가는 것은 後部 shank의 境遇와 같으나 直徑比가 클수록 모멘트가 크게되어 있는 것은 前部 shank의 모멘트의 境遇와는 反對이며 또 直徑比에 依한 影響이 매우 크다는 것이 明白하다. 이것은 分散分析의 結果로 부터도 理解된다.

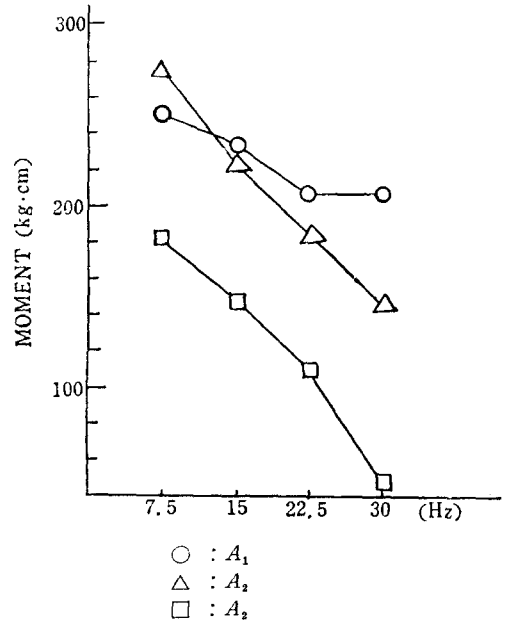


Fig. 29. Relation between moment of rear shank and frequency for amplitude

그림 (29), (30)은 各各 振幅 速度의 影響을 調査한 것인데 이들의 因子의 效果가 크다는 것을 알 수 있다.

그림 (24)에서도 明白한 바와 같이 各모멘트는 週期的인 變動을 하는데 그 變動의 크기의 指標로서 그 最大值와 最少值의 差의 1/2을 모멘트의 振幅이라 이름 부쳐서 그림 (31)에 表示하였다.

모멘트의 振幅은 振動數와 더불어 增加하고 彈丸體의 振幅의 影響이 매우 크다는 것을 알 수 있다.

3.4 分散分析

加速度(α), 牽引抵抗(R), 토오크(T), 前部 shank의 모멘트(Mf) 後部 shank의 모멘트(Mr) 등의 各特性值에 對한 振動數(f) 振幅(A) 速度(V) 直徑比

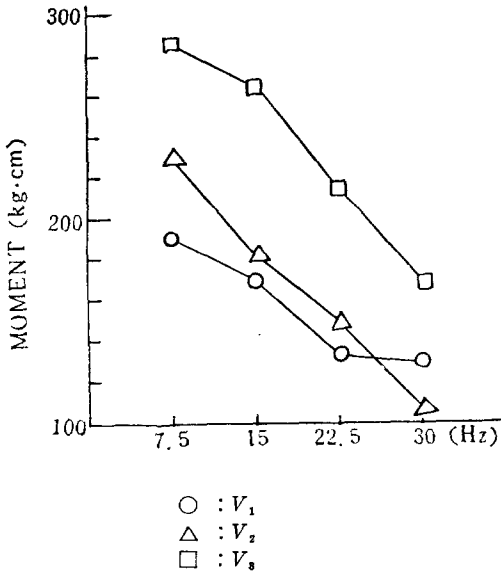


Fig. 30. Relation between moment of rear shank and frequency velocity

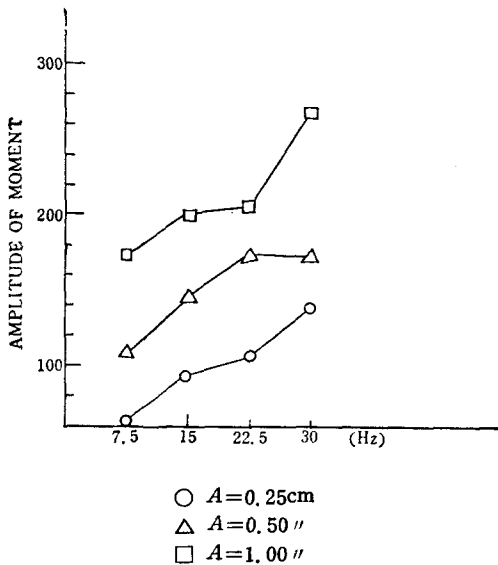


Fig. 31. Relation between amplitude of moment and frequency

(λ) 등의 因子의 效果 및 이들의 交互作用을 調査하였다. 因子는 4개이며 反復이 없는 實驗이므로 反復이 없는 4元配置가 된다. 各特性值에 對한 計算의 結果는 表 (1), (2), (3), (4), (5)에 나타내었다. 加速度에 對하여는 振幅, 振動數, 振幅과 振動數의 交互作用, 振幅과 速度의 交互作用, 振幅과 速度의 交互作用의 效果가 크고 1%의 有意水準에서 影響이 있다. 그런데 直徑比의 效果는 매우 적고 거의 影響을 주지 않는 것을 알 수 있다. 따라서 振動 輕減의 觀點부터 본다면 振幅 振動數는 過度하게 크게, 잡을 수 없음을 알 수 있다. 牽引抵抗에 對하여는 振幅, 速度 振動數 速度比의 交互作用의 效果가 크고 1%의 有意水準에서 有意差가 있다. 따라서 牽引抵抗 減少의 效果를 얻을려면 振幅 振動數는 크게, 速度 直徑比는 적게 하여야 할것으로 생각된다. 그러나 이것은 振動輕減 動力節減 能率向上이란 點에 相反된다. 振幅과 振動數의 交互作用의 效果가 적음으로서 振幅을 크게 할때는 振動數는 적게하고 振動數를 크게 할때는 振幅을 작게하든지 하여 最適인 點을 定한다는 것은 可能하리라 본다. 토-크에 對하여는 振幅, 速度, 振幅과 速度의 交互作用, 振幅과 直徑比의 交互作用이 크고 다음이 直徑比 振動數가 效果를 준다. 또 振動數를 包含한 交互作用의 效果는 매우 작다. 따라서 動力의 面에서 본다면 振幅 速度, 直徑比를 同時に 크게 잡는다는 것은 바람직하지 않다. 또 振動數 自身은 토-크에 큰 影響을 주지않지만 動力은 振動數에 比例하여 增大함으로써 振動數는 크게 잡을 수 없다. 前部 shank의 모멘트에 對하여는 速度 振動數 直徑比 振幅과 速度의 交互作用의 效果가 가장 크고 다음에 速度와 直徑比의 效果가 크다. 後部 shank의 모멘트에 對하여는 特히 直徑比의 效果가 큰 것은 前部 shank의 모멘트의 境遇와 다르다.

以上에서 볼때 주어진 範圍內에서의 最適條件을 求하면 A_2, f_3, V_1 , 및 λ_1 이 適合할 것 같다. 주 $A=0.50cm, f=22.5Hz, V=0.50m/sec, \lambda=1.0$ 일때 이다. 이때의 實驗結果로부터 추정하면 振動加速度는 60% 輕減되고 牽引抵抗은 40% 節減된다. 總動力은 71% 增加하지만 그 絶對值는 V_2 및 V_3 때에 比하여는 적기 때문에 問題가 적다고 본다.

4. 適 要

1. 牽引抵抗은 振動시킴으로서 非振動時의 抵抗의 55.1~61.2% 削減할 수 있었다. 그러나 絶對值는彈丸體 1개때의 1.75~1.96倍로 되었다. 이것은 주로

Table 1. Anova table (acceleration)

Source	S	φ	V	F ₀	F	
					(0.05)	(0.01)
A	15,220	2	7,611	75.51**	3.15	4.97
f	22,760	3	7,585	75.25**	2.75	4.12
V	653.1	2	326.60	3.24*	3.15	4.97
λ	60.40	2	30.20	0.29	3.15	4.97
A×f	6,344	6	1,057	10.49**	2.25	3.11
A×V	1,753	4	438.20	4.34**	2.52	3.64
A×λ	326.8	4	81.69	0.81	2.52	3.64
f×V	287.3	6	47.88	0.47	2.25	3.11
f×λ	426.8	6	71.33	0.70	2.25	3.11
V×λ	181.3	4	45.32	0.44	2.52	3.64
E	6,855	68	100.8			
Total		107				

Table 2. Anova table (draft force)

Source	S	φ	V	F ₀	F	
					(0.05)	(0.01)
A	4,523	2	2,262	126.1**	3.15	4.97
f	2,808	3	936.00	52.21**	2.75	4.12
V	2,807	2	1,404	78.29**	3.15	4.97
λ	145.60	2	72.82	4.06*	3.15	4.97
A×f	146.00	6	24.34	1.35	2.25	3.11
A×V	54.75	4	13.69	0.76	2.52	3.64
A×λ	135.30	4	33.83	1.88	2.52	3.64
f×V	63.08	6	10.51	0.58	2.52	3.11
f×λ	45.54	6	7.59	0.42	2.25	3.11
V×λ	544.00	4	136.0	7.58**	2.52	3.64
E	1,219	68	17.93			
Total		107				

Table 3. Anova table (torque)

Source	S	φ	V	F ₀	F	
					(0.05)	(0.01)
A	2,122	2	1,061	144.9**	3.15	4.97
f	88.27	3	29.42	4.01*	2.75	4.12
V	1,070	2	534.80	73.03**	3.15	4.97
λ	110.30	2	55.15	7.53**	3.15	4.97
A×f	24.36	6	4.06	0.55	2.25	3.11
A×V	1,071	4	267.70	36.56**	2.52	3.64
A×λ	173.90	4	43.47	5.93**	2.52	3.64
f×V	27.21	6	4.53	0.61	2.25	3.11
f×λ	27.68	6	4.61	0.62	2.25	3.11
V×λ	58.14	4	14.54	1.98	2.52	3.64
E	498.00	68	7.32			
Total		107				

Table 4. Anova table (moment of front shank)

Source	S	φ	V	F ₀	F	
					(0.05)	(0.01)
A	162,000	2	81,010	108.6**	3.15	4.97
f	81,980	3	27,330	36.63**	2.75	4.12
V	162,600	2	81,300	109.0**	3.15	4.49
λ	12,110	2	6,057	8.12**	3.15	4.97
A×f	2,177	6	362.8	0.48	2.25	3.11
A×V	30,000	4	7,499	10.05**	2.52	3.64
A×λ	5,216	4	1,304	1.74	2.25	3.11
f×V	4,872	6	811.9	1.08	2.25	3.11
f×λ	894.0	6	149.0	0.19	2.22	3.11
V×λ	9,377	4	2,344	3.14*	2.52	3.64
E	50,720	68	745.9			
Total		107				

Table 5. Anova table (moment of rear shank)

Source	S	φ	V	F ₀	F	
					(0.05)	(0.01)
A	212,500	2	106,300	66.61**	3.15	4.97
f	148,800	3	49,620	31.10**	2.75	4.12
V	123,400	2	61,690	38.67**	3.15	4.97
λ	243,000	2	121,500	76.17**	3.15	4.97
A×f	41,930	6	6,988	4.38**	2.25	3.11
A×V	40,680	4	10,170	6.37**	2.52	3.64
A×λ	22,020	4	5,504	3.45*	2.25	3.11
f×V	13,540	6	2,257	1.45	2.25	3.11
f×λ	5,596	6	932.7	0.58	2.25	3.11
V×λ	3,972	4	9,929	6.22**	2.52	3.64
E	108,500	68	1,595			
Total		107				

後部 shank의 轟과의 抵抗에 依한것이라 生覺됨으로 後部 shank의 두께 및 幅을 加급적 적게 할 必要가 있다.

2. 牽引抵抗은 振動數와 더불어 減少하지만 振幅은 棼수록 또 速度는 늦을 수록 振動에 依한 抵抗削減率은 크다.

3. (振動時의 牽引抵抗) / (非振動時의 牽引抵抗)은 無次元量 V/Af의 函數가 되고 既往의 plow나 hoe의 實驗結果와 一致하였다. 牽引抵抗 減少의 效果를 얻으려면 V/Af를 크게 잡을 수 없음을 알 수 있었다. 이것은 彈丸暗渠施工의 高能率性이 制限됨을 意味한다.

4. 彈丸의 抵抗과 shank 抵抗의 比率은 0.45 : 0.

55이며 shank部の 抵抗은 커서 無視할 수 없다

5. 非振動式의 境遇 R/rD_1^3 은 흙의 條件이 一定할 때 V^2/gD_1 의 函數로 됨이 實驗的으로 確認되었다.

6. 振動式의 境遇 R/rD_1^3 은 흙의 條件이 一定할 때 $v/\sqrt{gD_1}$ 과 $V/\sqrt{gD_1}$ 의 2變數函數로 됨이 實驗的으로 大略 確認되었다.

7. 토-크는 振動數에 對하여 變化하지 않았지만 振幅 速度 直徑比가 클 수록 增大한다. 또 平衡式은 彈丸體 1개때 보다. 토-크가 52.82%, 78.40%, 增加하고 動力의 增加를 가져왔다.

8. 總動力은 振動數와 더불어 直線的으로 增加하고 總動力의 41~96%를 振動動力에 消費되었으며 非振動時의 動力의 1.8~9.4倍로 되었다. 動力의 觀點에서 생각할때 振動數 振幅, 速度 直徑比를 同時에 크게 한다는 것은 바람직하지 않다.

9. 後部 shank의 모멘트는 (+)로 될 뿐이고(-)로 되는 일이 없다.

後部 彈丸體의 直徑에 關係없이 흙의 抵抗力의 平衡을 이루었음을 認定할 수 없었다. 後部 彈丸體는 그것이 後進할 때만 흙과의 抵抗이 크게 되도록 할 必要가 있다.

10. 實驗條件의 範圍에서 最適條件을 求하면 $A=0.50\text{cm}$, $f=22.5\text{Hz}$, $V=0.05\text{m/sec}$ $\lambda=1.0$ 附近이 가장 妥當하다고 生覺된다. 이때의 牽引抵抗은 40%

削減되고 加速度는 60% 輕減된다. 단 總動力은 非振動時에 比하여 增加하지만 V 가 0.125m/sec 및 0.20m/sec 때 보다 적으므로 問題가 적은 것으로 生覺된다.

References

1. 金容煥 1975. 平衡式 振動 暗渠 穿孔機의 研究 (1)—模型 設計— 慶尙大 農資源利用研究所 報 9號
2. ————. 1975. ————(2). 模型實驗: 振動에 對하여, 韓國農工學會誌 第17卷 第4號.
3. Brahm P. Verma. 1971. Oscillating soil tools— A review. Trans. of the ASAE. Vol. 14, No.6.
4. Eggrnmüller, A. 1958. Schwingende Bodenbearbeitungswerkzeuge. Grundlagen der Landtechnik. Heft 10, Seite 55—69.
5. ……………. 1958. Versuche mit Gruppen gegeneinander schwingenden Hackwerkzeuge. Grundlagen der Landtechnik. Heft 10, Seite 70—88.
6. ……………. 1958. Feldversuche mit einem schwingenden Pflugkörper. Grundlagen der Landtechnik. Heft 10, Seite 89—95.