

蚯蚓活動改變表土入滲之研究

Study of Earthworm Activities Effects of Surface Soil Infiltration

國立臺灣大學農業工程學系副教授

張 文 亮

Wen-Lian Chang

摘 要

有機廢污導致土壤表土層的阻塞已是本省許多耕地的嚴重困擾。本文研究的目的是在探討蚯蚓 (*Pheretima asiatica*) 活動，增加入滲率與減少大量拌混豬糞的有機物，以9個14升的土柱，置於黑暗與溫差小的房間中，進行蚯蚓活動的實驗。比照沒有蚯蚓的對照組，蚯蚓增加土壤的吸水率與導水係數分別是174%與472%。但是在豬糞大量拌混的土壤中，蚯蚓的活動祇增加吸水率與導水係數103%與251%。結論是，蚯蚓的掘穴與糞球可能是減低土壤阻塞與有機殘留有效的方法。但是過多的有機質也會抑制蚯蚓的活動。

關鍵詞：蚯蚓、入滲、有機物

ABSTRACT

Surface soil clogging caused by organic waste is a serious problem in many cultivated area in Taiwan. The purpose of this study is to investigate the activities of earthworms (*Pheretima asiatica*) by increasing infiltration rate and reducing organic residue in the soil which was mixed with large amounts of swine manure. The effect of earthworms was studied in nine 14-l tanks over 30-day period in a dark, constant temperature room. Compared to no earthworm effect, earthworms increased sorptivity and hydraulic conductivity by 174% and 472%, respectively. However, under heavy application of manures, both factors only increased by 103% and 251%. In conclusion, earthworm furrows and casts may be effective reducing soil clogging and organic residue. But both activities may be inhibited by too much organic matter.

Key Werds: Earthworms, Infiltration, Organic matter

前 言

本省近年來，因著都市人口的增加，與養豬事業的發達，大量的有機廢水，隨著河川或灌溉溝渠

進入農田。適量的增加土壤有機殘餘，可以穩定土壤團粒結構，提高土粒的鹽基飽和百分比 (Bass saturation percentage) 與陽離子置換容量 (Cation exchange capacity)，增進作物有效

營養份 (Brad, 1974)。反觀，過量有機殘餘，阻塞地表土壤孔隙，降低土壤通氣性與排水性，不利作物根系發育。如何改善承受過多有機質的土壤，是維護農業環境的必要措施。

蚯蚓是土壤中較大型的無脊椎動物 (Invertebrates)，有二百多種類，分佈全世界，幾乎有土壤的地方就有蚯蚓的活動 (Buchsbaum, 1939)。根據 Trout 與 Johnson (1989) 在美國 Idaho 州的田間調查，蚯蚓在有機土壤中數目可以達 100-200條/平方公尺。Ehlers (1975) 在德國 Goettingen 的觀查，蚯蚓的活動可深達地下 180 公分。蚯蚓在土壤中可飼食未分解有機物，在胃中與土壤顆粒攪合後，以糞球 (casts) 排放在地表面，並轉換有機物成較被微生物分解的型態。另外蚯蚓洞穴 (furrows)，是土壤中具有連續性的大孔隙 (continuous macropores)，促進土壤的排水性與通氣性，加速有機物分解，改善作物根區的生長環境。蚯蚓可能是自然界最有能力的土壤改良工程師。

過去學者對於蚯蚓活動的研究，主要在降雨時蚯蚓孔隙對於地表水入滲的影響 (Zachmann 與 Linden, 1989; Zachmann 等氏, 1987; Quisenberry 與 Phillips, 1976; Ehlers, 1975)，另有研究蚯蚓孔隙對於溝灌效率的影響 (Trout 與 Johnson, 1989; Bezborodov 與 Khalbayena, 1983) 蚯蚓糞球穩定度與土壤有機殘餘的關係 (Shipitalo 與 Protz, 1988; Kladvko 等氏, 1986)。綜合上述的研究，得知蚯蚓孔隙增加入滲量，減少地表逕流；土壤有機物愈多，糞球的產量與穩定度都增加。

但是上述的研究中所探討的有機物皆為作物 (如豆科或是玉米殘株等)，而非動物性排泄物；所定量的入滲參數皆為滲率 (infiltration rate)，對於土壤的導水特性如吸水率 (sorptivity) 或導水係數 (hydraulic conductivity) 很少提起；實驗使用的蚯蚓品種如 *Lumbricus terrestris*、*Aporrectodea tuberculata*、*Lumbricus rubellus* 等，都是歐美常見的品種，而非臺灣的品種。故本研究有三個目的(1)以本地的蚯蚓 (*Pheretima asiatica*) 活動，對土壤入滲的影響，(2) 豬糞的殘餘對蚯蚓糞球穩定性的影響，(3) 以 Green-Ampt (1911) 的公式與參數描述入滲。並以結果評估以蚯蚓改善有機物過多之土壤之可行

性。

理論分析

蚯蚓孔隙是土壤物理異向性與非均勻性的主要來源之一。根據 Ehlers (1975) 的觀查，蚯蚓孔隙在土壤表層較為垂直，而後孔隙走向幾乎沒有一定，幾條孔隙因著蚯蚓的交配或其他活動也可能纏結不分，這也導致孔隙斷面積在不同土層位置大小不一。部份蚯蚓糞球留存在孔隙內，膠結成新的大團粒結構，使的孔隙阻塞。這些因素使得描述蚯蚓在土壤間的移動非常困難。

本研究也認為描述單一孔隙在壤間的微觀 (microscopic) 物理特性，不僅有實驗定量上的困難，而且在理論上意義不大。所以偏重蚯蚓孔隙在物理巨觀 (macroscopic) 上對入滲的改變，以整個土壤斷面積，而非孔隙斷面積為考慮對象，如此就可以把理論的基礎放在達西公式 (Darcy's equation) 上。

達西公式是土壤的入滲通量 (infiltration flux density)， q ，為壓力水頭 (pressure head)， h_p ，與重力水頭 (gravity head)， h_z ，的函數，其關係上可以表示為

$$q = -K \frac{dh_p - h_z}{dz} \quad (1)$$

(1)式中的負號代表水流是由地表向下移動。K稱為水力傳導係數 (hydraulic conductivity coefficient)，代表土壤特性，根據 Corey (1977) 的推導，K值是土壤孔隙大小 (pore size) 的函數，孔隙度愈大則K值愈大。因為蚯蚓的孔隙與糞球都影響土壤孔隙，所以在此K值受蚯蚓活動所影響。

h_p 的影響因子有土壤含水量 (soil moisture) 與土壤孔隙度，因後者受蚯蚓活動的影響， h_p 也可視為蚯蚓活動的函數。 h_z 主要是受高度的影響， h_z 等於入滲深度 z 。(1)式可改寫為。

$$q = -K(w) \frac{dh_p(m) - z}{dz} \quad (2)$$

(2)式中的(w)表示該因子是蚯蚓活動 (earth-worm activity) 的函數。

因為蚯蚓大部份是在粗質土壤中活動，其入滲影響行為適合 Green-Ampt (1911) 的假設：將 h_p 視為入滲濕潤鋒面 (infiltration wetting front) 的壓力水頭， h_r ，與地表面壓力水頭，

h_0 的差。假設本研究一直保持地表面為飽和狀況，則 $h_0 = 0$ ，且 $h_p(w) = h_r(w)$ 。即

$$\frac{dh + p(w)}{dz} = \frac{h_r(w) - h_0}{z_r - 0} = \frac{h_r(w)}{z_r} \quad (3)$$

z_r 為入滲濕潤鋒面的距離。將(3)式代入(2)式得

$$\begin{aligned} q &= -K(w) \frac{h_r(w)}{z_r} + K(w) \\ &= K(w) \frac{z_r - h_r(w)}{z_r} \end{aligned} \quad (4)$$

(4)式必須假設入滲流況屬於穩定流 (stable flow)，沒有二度空間上的變異性，不則需用二度空間方程式表示；而且祇適合粗質土壤，否則需採 Philip (1975) 的 δ (Delta)-function 修正之。又根據 Green-Ampt (1911) 的假設，入滲後假設 $z_r \ll |h_r(w)|$ ，(8)式中的 \log 式可化為無窮等比級數，表示為

$$t = -\frac{Q(w) \cdot z_r^2}{z_r K(w) h_r(w)} \left[1 + \frac{2}{3} \frac{z_r}{h_r(w)} + \frac{2}{4} \left(\frac{z_r}{h_r(w)} \right)^2 + \dots \right] \quad (9)$$

(9)式亦可表示為 1/2 次方式

$$\left(-\frac{2K(w)th_r(w)}{Q(w)} \right)^{1/2} = z_r + \frac{1}{3} \frac{z_r^2}{h_r(w)} + \frac{7}{36} \frac{z_r^3}{h_r(w)^2} + \dots \quad (10)$$

(10)式右端的無窮級數之反函數可求得 z_r

$$z_r = \left(\frac{-2K(w)h_r(w)}{Q(w)} \right)^{1/2} t^{1/2} + \frac{2}{3} \frac{K}{Q(w)} t + \frac{1}{18} \left(\frac{-2K(w)^3}{Q(w)^3 h_r(w)} \right)^{1/2} t^{3/2} + \dots \quad (11)$$

根據土壤入滲的定義，入滲量 (cumulation of infiltration 以 I 示之) 為

$$I = Q(w)z_r \quad (12)$$

故將(12)式代入(11)式得

$$I = (-2K(w)h_r(w)Q(w))^{1/2} t^{1/2} + \frac{2}{3} K(w) t + \frac{1}{18} \left(\frac{-2Kw^3}{Q(w)^3 h_r(w)} \right)^{1/2} t^{3/2} + \dots \quad (13)$$

因為

$$q = \frac{dI}{dt} \quad (14)$$

故 q 可以表示為一無窮級數，

$$q = -(K(w)h_r(w)Q(w))^{1/2} t^{-1/2} + \frac{2}{3} K(w) + \frac{1}{12} \left(\frac{-2K(w)^3}{Q(w)^3 h_r(w)} \right)^{1/2} t^{1/2} + \dots \quad (15)$$

根據 Green-Ampt 的定義，吸水率 (sorptivity, S) 為

$$S(w) = -K(w)h_r(w)Q(w)^{1/2} \quad (16)$$

S 雖然前面有負號，因在非飽和土壤 $h_r(w)$ 為負值，故 S 是正值。在一般土壤 $K(w)$ 為很小值，所以 $K(w)^{3/2}$ 在 $t^{1/2}$ ，或 $K(w)^{5/2}$ 在 $t^{1/2}$ 的係數，為具有收斂性的極小值，可忽略之。如此將(15)式代入(14)式得

$$q = S(w)t^{-1/2} + \frac{2}{3} K(w) \quad (17)$$

由(16)式知，由蚯蚓活動對於入滲率的影響，可以特定為 S 與 K 兩個參數表示之。

的土壤含水量 (soil moisture content)， θ ，不隨時間(t)與距離 (z_r) 而變，祇隨蚯蚓活動而變， q 可表示為質量不減式

$$q = Q(w) \frac{dz_r}{dt} \quad (5)$$

將(4)與(5)式合併得

$$Q(w) \frac{dz_r}{dt} = K(w) \frac{z_r - h_r(w)}{z_r} \quad (6)$$

(6)式可以表示為積分式

$$\int_0^{z_r} \frac{z_r}{z_r - h_r(w)} dz_r = \frac{K(w)}{Q(w)} \int_0^t dt \quad (7)$$

將(7)式積分後，可整理成

$$t = \frac{Q(w)}{K(w)} \left[z_r + h_r(w) \ln \left(1 - \frac{z_r}{h_r(w)} \right) \right] \quad (8)$$

實驗材料與方法

蚯蚓培養箱是以聚乙烯作成的透明圓筒柱，柱深50公分，圓柱直徑19公分。柱頂閉蓋1公分細片，上面鑽細孔，供空氣流通並防止蚯蚓爬出。柱底留有一孔，供排水，實驗期間以橡皮塞封住。筒柱外面有錫鉛紙包覆，阻隔光線進入土柱，以免影響蚯蚓在柱邊與底部的活動。

土壤質地為沙土 (sandy soil)，含沙量為99%，黏土含量<1%。土壤在氣乾後，填入蚯蚓培養箱中。填置方法是每次填高土壤5公分高，再用長形圓槌壓實20次，再版同樣方法往上填直到距離柱頂下5公分處為止。為了土柱的土壤均勻性，避免層層之間的質地斷層現象，在每個斷面用細長鋼針在表面輕微曲折擾動。土柱內的土壤重約25公斤。

豬糞取自嘉新畜牧場，在溫室曬乾後，以土壤1/10的重量與土壤充分混合，再依上述方法，填入培養箱中。實驗採三重覆。

每筒土柱，再由土壤表面加水，直到水滲鋒面到達柱底為止。將土柱由溫室移置於實驗室內水泥拾下，在實驗進行期間，該處最大相對濕度在±5%，而最大溫差在±1.9°C。土柱排列係採逢機。

加水後一星期，在每筒土面上放置20條蚯蚓 (*Pheretima asiatica*)，此算為實驗進行的第1日。在第7日、15日、22日與29日用鐵勺輕取在土面上的蚯蚓糞球。將採取糞班立刻移至溫室氣乾，後進行糞球穩定性實驗。

糞球分析

糞球在採取後，稱其新鮮濕重 (W_r)，氣乾後再稱其乾重 (W_d)，讀數至小數點以下第二位。 $W-W_d$ 即為糞球含水重量 (W_w)。將氣乾糞球緩緩倒入100毫升的量筒中，並輕輕振動量瓶，使糞球在不破壞其團粒結構上堆積，以其最終體積 (V_s)，為糞球團粒體積。含水量百分比 (θ) 為 W_w/V_s ，假比重 (ρ_b) 為 W_d/V_s 。

將氣乾的糞球，以電動振盪機經過17個篩子，篩選不同粒徑糞球，稱其重量，換算為重量比(R)。各篩子依其篩孔之直徑(d)大小排列：6.38厘米、5.613厘米、4.76厘米、4.00厘米、3.36厘米、2.83厘米、2.38厘米、2.00厘米、1.77厘米、1.18厘米、0.50厘米、0.212厘米與0.45厘米。由d與R值可以計算出平均重量半徑 (Mean Weight Diameter, 簡稱 MWD)。

$$MWD = \sum dR$$

將各篩子內的糞球再通通輕置於廣口瓶內，用手掌輕擊廣口瓶，使糞球重新混合。以藥匙伸到瓶底，往隨意方向，挖出糞球約5克，靜置水中24小時，再以攪拌器充分混合，於4.5小時後，以吸管吸取水面下5.6公分的水樣，烘乾後則得糞球中之黏土量，稱重後可換算成重量比。其餘的水樣，連同沈積者，經過數次清洗使其經過上述之電動篩分析，依同樣方法計算平均重量半徑，簡示為MWD₂。而乾糞球之平均重量半徑，以MWD₁示之。

再取氣乾糞球約5克。置於1升的量筒中，加入含0.5克/升 Nahexamesphosphate (HMP) 的分散劑1升，依相同的篩分析與黏土量測定步驟，計算得經分散劑處理過的糞球平均重量半徑，以MWD₃示之。

入滲實驗

在實驗進行第29日後，於各蚯蚓培養土柱上進行入滲實驗。以定水頭入滲管在土柱上維持3公分的壓力水頭。在入滲開始前，以塑膠袋裝850毫升的水量 (約為土面上3公分的水深)。在水滲開始時，以刀片割破塑膠袋，並且同時打開入滲水閥。以後若干分鐘在水頭量尺上讀一次入滲水深，直到40—50分鐘為止。將入滲水深與時間，換算為入滲通量，再以入滲通量與時間的迴歸式，求得入滲參數S與K值。

最後將實驗所得的糞新鮮濕重 (W_r)、糞球含水量百分比 (θ)、假比重 (ρ_b)、乾糞球平均重量半徑 (MSD₁)、濕糞球平均重量半徑 (MSD₂)、分散劑 HMP 處理的濕糞球平均重量半徑 (MSD₃)、K與S，以變方分析 (Analysis of variance) 方法檢定。

結果與討論

土壤中拌和豬糞後對蚯蚓糞球的影響以表(一)示之。土壤中有機物的增加，蚯蚓的飼食性比起未拌入豬糞的蚯蚓，約極顯著的增加三倍 (表(一))。藉著蚯蚓的地表排糞，可以促進有機質的分解與再分佈。表(一)與表(二)亦顯示蚯蚓在未加與加豬糞的土壤中，所排出的糞球量隨著時間的增加而顯著的減少。依實驗期間的觀察，未加豬糞的土壤，蚯蚓可鑽至50公分深的筒底，在較深層土壤中的活動，則不完全把糞球堆置在地表面，部份遺留在洞穴中。加豬糞的土壤，因著有機物的分解，豬糞中的一些抗生

素 (Antibiotic) 與氮素都可能抑制蚯蚓的活動，所以蚯蚓活動的區域受限制，排糞量在時間增長後減少。

表(一)與表(二)亦顯示糞球的含水量、假比重與乾篩下的糞球平均粒徑，在加豬糞與時間的兩個實驗變因上不具顯著差異。具顯著差異的是糞球在加 HMP 分散劑下，濕篩的平均粒徑在加豬糞的處理中較大。這證明，豬糞中的有機物，在蚯蚓的飼食過程中，吸附在土粒的表面上，甚至可能覆蓋 (coating) 土粒，因著有機物表面的官能基 (function group)，增加土粒之間的聚合效應 (binding affect) 使的團粒性加大，在水與分

表(一) 不同期間蚯蚓糞球的團粒特性 +

時間 (日)	處理	重量 (克)	含水量 (%)	假比重 (克/毫升)
7	E	113.49	19.51	0.95
	A	135.23	18.66	0.88
15	E	43.12	19.20	0.94
	A	123.88	22.18	0.96
22	E	33.32	22.04	1.18
	A	110.68	19.46	1.04
29	E	28.02	17.77	0.94
	A	91.94	20.69	0.93

時間 (日)	處理	乾篩平均粒徑 (厘米)	濕篩平均粒徑 (厘米)	分散平均粒徑 (厘米)
7	E	2.19	0.19	0.08
	A	2.29	0.16	0.17
15	E	2.16	0.12	0.12
	A	2.54	0.16	0.17
22	E	2.67	0.11	0.11
	A	2.58	0.15	0.18
29	E	2.29	0.14	0.12
	A	2.22	0.22	0.19

+代表三重覆平均值
E 祇加蚯蚓的處理
A 加蚯蚓與豬糞的處理

散劑的破壞下，具有較高的穩定性。Shipitalo 與 Protz (1988) 在 *L. rubellus* 與 *L. terrestris* 蚯蚓品種的實驗上，也有相同的結果。

表(三)顯示蚯蚓的活動增加入滲率，主要是增加吸水率(S)與導水係數。有蚯蚓土壤的入滲比起沒有蚯蚓的對照組，吸水率約增加 174%，導水係數的增加 472%。這個實驗結果與 Clothier et al. (1983) 的研究結果相似，在他們的實驗，蚯蚓的活動增加導水係數 385%。蚯蚓增加入滲率，固然是增加連續性大孔隙增加導水係數，更可能是在水份傳導於局部地區產生正壓力 (positive pressure head)，增加入滲潤濕鋒面 (wetting front) 的壓力差 (pressure gradient)，因而增加土壤吸水率。

表(二) 蚯蚓糞球團粒特性之變方分析表與 F 值

變因	自由度	重量	含水量	假比重	乾篩平均粒徑	濕篩平均粒徑	分散平均粒徑
豬糞	1	2.70	0.193	3.21	0.14	0.51	12.24**
時間	3	13.10**	0.41	1.59	0.68	1.06	0.46
豬糞×時間	3	0.66	0.98	1.71	0.25	0.53	0.16

*p<0.05, 顯著差異

**p<0.01, 極顯著差異

表(三) 蚯蚓活動對土壤水份入滲之影響

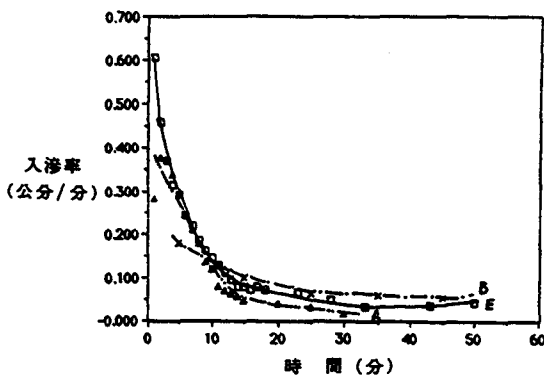
處理	吸水率 (S) (公分)(分鐘) ^{-1/2}	導水係數 (公分)(分鐘) ⁻¹	R
B	0.347	0.018	0.946
	0.508	0.041	0.990
	0.432	0.023	0.996
E	0.765	0.144	0.916
	0.731	0.110	0.932
	0.745	0.132	0.987
A	0.504	0.117	0.891
	0.327	0.045	0.740
	0.490	0.041	0.795

B 空白處理
E 加蚯蚓處理
A 加蚯蚓與豬糞處理

表(三)亦顯示用 Green-Ampt (1911) 式來描述入滲率與時間的 $-1/2$ 次方，有極顯著的相關，相關係數都接近於 1。惟在有豬糞的土壤中低於 0.8，但是仍大於 0.74。

含豬糞的土壤，蚯蚓活動對入滲率隨時間變化的影響，Green-Ampt 公式無法準備的描述，主要的原因如圖(一)所示，入滲率的起初值（1分鐘）小於 2 分鐘時的入滲率，所以產生封塞（sealing），原因來自部份糞球的顆粒會隨著水流，流入蚯蚓的孔穴。而塞住表面部份孔穴表面積，但是水流不會繼續輸送顆粒，所以表面下的入滲率就較表土的為高。這種現象在 Trout 與 Johnson (1989) 的研究中也有提出。

不過拌豬糞處理後，雖然有旺盛的蚯蚓在表土的活動，但是較深層過多的豬糞，呈嫌氣狀態，仍抑制蚯蚓的活動，所以吸水率與導水係數祇較對照組分別多 103% 與 251%。顯然低於未加豬糞祇有蚯蚓的處理。很可能 1/10 重量比的豬糞與土壤的拌合比率太高。



圖(一) 入滲率延時受蚯蚓與豬糞之影響

結 論

蚯蚓 (*Pheretima asiatica*) 孔穴可以增加入滲率，而且藉著飼食與排糞，減少土壤有機物過多對於孔隙的阻塞，並可減少一些土壤中的有機質，可作為土壤復育的方法。惟有機物過多也會限制蚯蚓活動，尤其是水份入滲方面，需再研究有機物的容忍值。

誌 謝

本研究執行期間，承徐玉標教授的指正，學生陳文良、楊孝文、郭惠雯、張英磊、周德明、與周綺玲的協助實驗、動物系譚天錫教授協助蚯蚓分類與國科會生物處 980-040-B-002-11- 研究計畫的輔助，在此一併致謝。

參 考 文 獻

1. Bezborodov, G. A., and R. A. Khalbayena. 1983. Influence of earth-worms on soil permeability. *Soviet Soil Science* 15: 98-101.
2. Brady, N. C. 1974. *The Nature and Properties of Soils*. Macmillan Publishing Co., Inc.
3. Buchsbaum, R. 1939. *Animals Without Backbones*. The University of Chicago Press, Chicago.
4. Ehlers, W. 1975. Observations on earth-worm canals and infiltration on tilled and untilled loess soil. *Soil Sci.* 199: 242-249.
5. Green, W. H. and G. A. Ampt. 1911. Studies on soil physics. *Journal of Agri. Sci.* 4: 1-24.
6. Kladvivko, E. J., A. D. Mackay, and J.M. Bradford. 1986. Earth-worms as a factor in the reduction of soil crusting. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 191-196.
7. Philip, J. R. 1975. Stability analysis of infiltration. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 39: 1042-1048.
8. Quisenberry, V. L., and R. E. Phillips. 1976. Percolation of surface applied water in the field. *Soil Sci Soc. Am. J.* 40: 484-489.
9. Shipitalo, M. J., and R. Protz. 1988. Factors influencing the dispersibility of clay in worm casts. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52: 764-769.
10. Trout, T. J., and G. S. Johnson. 1989. Earthworms and furrow irrigation infiltration. *TRANSACTIONS of the ASCE.* 32: 1594-1596.

11. Zachmann, J. E., D. R. Linden, and C. E. Clapp. 1987. Macroporous infiltration and redistribution as affected by earthworms, tillage and residue. Soil Sci. Soc. Am. J. 51: 1580-1586.
12. Zachmann, J. E., and D. R. Linden. 1989.

Earthworm effects on corn residue breakdown and infiltration. Soil Sci. Soc. A,m. J. 53: 1846-1849.

收稿日期：民國81年 1月11日

修正日期：民國81年 1月20日

接受日期：民國81年 6月16日

專營：
 • 人孔蓋 • 中心樁蓋
 • 消火栓蓋 • 制水閘蓋
 • 電力人孔蓋 • 電信人孔蓋
 • 雙層式水溝蓋

鼎亞工業有限公司

負責人：張和樑
 地 址：台北市木柵區指南路1段
 42號
 電 話：(02)9393727.9393391

專營土木、水利、建築等工程

森藝土木包工業

地 址：新竹縣竹北市中正東路
 372號
 電 話：(035)555698

專營土木、水利、建築等工程

豐泰營造工程股份有限公司

負責人：謝雲谷
 地 址：桃園縣楊梅鎮幼獅路28巷
 6弄19號1樓
 電 話：(03)4782278

專營土木、水利、建築等工程

智信營造有限公司

地 址：斗六市西平路264巷89號
 電 話：(05)7991796

專營土木、水利、建築等工程

佳榮營造有限公司

地 址：台南縣佳里鎮興中街77號
 電 話：(06)7222163

專營土木、水利、建築等工程

允祥營造股份有限公司

地 址：台南縣歸仁鄉中正路105
 號
 電 話：(06)2390401