

暗渠土管自動敷設機の開発 (第1報)

—慣行手作業の土管敷設作業とその作業能率—

佐藤禎稔*¹・松田清明*¹・弘中和憲*¹・辻 修*¹・原 令幸*²

要 旨

本研究は、暗渠土管の敷設作業を改善するために暗渠土管自動敷設機の開発を目的として行った。本報では、開発した敷設機の性能を評価するために慣行手作業の土管敷設能率を明らかにした。施工は、渠線の決定、土管配置、掘削、土管敷設、疎水材投入および埋め戻しの6工程に大別され、渠底への敷設は手作業で行われているが、その他はほぼ機械化されている。掘削と敷設は同時並行で行われ、その作業能率は8.3h/haであり、全作業時間の約半分を占めた。投下労働量(人・時/ha)は、土管配置6.6、掘削と敷設33.4、疎水材投入10.6、埋め戻し2.5であり、掘削と敷設に63%の労力が集中する。したがって、過酷な労働環境から作業者を解放するためにも、敷設を機械作業に置き換えることの重要性が明らかとなった。

[キーワード] 暗渠排水, 素焼き土管, 施工作業, 作業能率, 投下労働量

Development of an Automatic Ceramic Pipe Laying Machine for Subsurface Drainage System (Part 1)
— Manual Working Capacity in Laying Ceramic Pipes —

Tadatoshi SATOW*¹, Kiyooki MATSUDA*¹, Kazunori HIRONAKA*¹, Osamu TSUJI*¹, Yoshiyuki HARA*²

Abstract

This study aimed to develop an automatic ceramic pipe-laying machine to improve the efficiency in constructing a subsurface drainage system. The performance of the developed machine was evaluated by first determining the manual working capacity in laying the pipes to the subsurface. Construction of the drainage system involved six steps starting from the determination of trench positions to covering the pipes with soil. Practically, all the steps were mechanized except the laying of pipes, which was done manually. Digging and pipe-laying steps were synchronized that obtained a working capacity of 8.3 h/ha and comprised about half the total working time in the construction. The man-hour per hectare requirement was 6.6 for placement of the pipes; 33.4 for digging and laying works; 10.6 for placing of filter; and 2.5 for covering with soil. About 63% of the total manpower was required in digging and laying works, which therefore necessitates the use of machineries to free the worker from a stressful working environment, and also improving construction efficiency.

[Keywords] Under drain, Ceramic pipe, Construction work, Working capacity, Amount of labor

I 緒 言

暗渠排水は、農地の余剰水を排出するため地下に導水管を設けて土地を乾燥させることであり、それは紀元前

2000年のメソポタミア地方にさかのぼる(長浜, 1981)。我が国では17世紀に「水通し」と称して水田を対象としたものがはじまりである。その後19世紀末に、欧米の暗渠排水技術が導入されるようになり、北海道の泥炭地で

* 1 帯広畜産大学畜産学部 (〒080-8555 帯広市稲田町西2線11番地 TEL 0155-49-5527
E-mail fmsatow@obihiro.ac.jp)

Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Nishi 2-11, Inada-cho, Obihiro, Hokkaido 080-8555, Japan

* 2 北海道立北見農業試験場 (〒099-1496 常呂郡訓子府町弥生52 TEL 0157-47-2295)

Hokkaido Kitami Agricultural Experiment Station, Yayoi52, Kunneppu-cho, Tokoro-gun, Hokkaido 099-1496, Japan

暗渠土管を埋設する排水法が米国のデムムによって紹介された。1881年に、ブルックは札幌農学校で土管を製造し、その埋設が行われたと言われている（農林水産省構造改善局整備課，1983）。さらに、暗渠排水事業は戦後食糧増産のための農地整備が行われた頃に本格化した。その目的は、透水性の悪い土壤に物理的な暗渠を施工し、地下水や地表水を速やかに排水して作物の根腐れなどを防ぎ、生育促進と農業機械の作業性向上を図るものである。北海道では、泥炭地や重粘土地帯での地力向上のために素焼き土管を用いた暗渠排水事業が国や道の指導の元で広く実施され、北海道農業の発展に大きく貢献してきたことは言うまでもない。

暗渠の方法は、粗朶や石礫などで水道を形成する簡易暗渠、土中に機械的に空隙を造る無材（もぐら）暗渠、および素焼き土管や透水性コンクリート管（辻ら，1993）、多孔プラスチック管を敷設する完全暗渠に大別される。なかでも、現在一般的に行われている暗渠は素焼き土管と合成樹脂管を用いた方法に代表される。合成樹脂管は塩化ビニールを素材としており、管自体に柔軟性があることから施工が容易であるため、近年そのシェアが拡大する傾向にある。しかし、長年の利用により、根の伸長や土粒子の目詰まりなどによって排水効果が次第に低下し（多田ら，2004）、また石油系樹脂を使用していることから環境問題が指摘されているのが現状である。

一方、素焼き土管はその高い排水効果から広く利用されてきたが、第一の問題として土管は手作業による敷設に頼らざるを得なく機械化が遅れ、そのために施工業者の要望も低くなりつつある。しかし、素焼き土管の有効性は農家の方々からも高い評価を得ており、耐用年数や次世代に安心して残せる排水資材として環境面からも注目されている。一般に、土管敷設は手作業で行われるため、その施工に多大な時間と労力を要し、また近年、疎水材を減らすために暗渠の掘削幅が狭くなり（北海道農業土木協会，2002）、人手による敷設はより困難な状況になっている。



図1 暗渠土管自動敷設機の外観

本研究は、これらの問題解決と敷設コストの低減および労働環境の改善のために図1に示す暗渠土管自動敷設機を開発し（佐藤，2004）、その実用性について評価検討することを目的とした。そこで本報は、慣行手作業による暗渠施工の現状を調査分析した近年の研究報告がほとんど見られないことから、その土管敷設作業体系について調査し、作業能率などを明らかにすることを目的とした。

II 敷設作業工程と調査方法

1. 暗渠土管敷設作業工程

暗渠土管の敷設作業は図2および図3に示すように、土管を敷設する渠線の決定、土管の配置、暗渠溝の掘削、土管の整列と敷設、疎水材の投入および埋め戻し鎮圧作業の6工程に大別される。通常、長さ30cmの土管は10本1束（重量約13kg）で出荷され、圃場の隅に堆積される。施工図にしたがって渠線が決定され、クローラ台車に土管を積載して渠線に沿ってその束が配置される。掘削は一般にバックホーで行われ、補助作業者が掘削溝に入り、渠底が平らになるように床ざらえ作業を行う。実際の敷設作業は、まず補助作業者が掘削溝の横土表面に束を解して1本ずつ土管を整列させ、溝に入った作業者が1本ずつ渠底に土管を敷設する。その後、砂利や木製チップなどの疎水材を専用のクローラ台車に積み込み、走行しながら土管敷設後の溝に投入する。最後にブルドーザなどによって掘削した土を埋め戻し、鎮圧して施工が完了する。

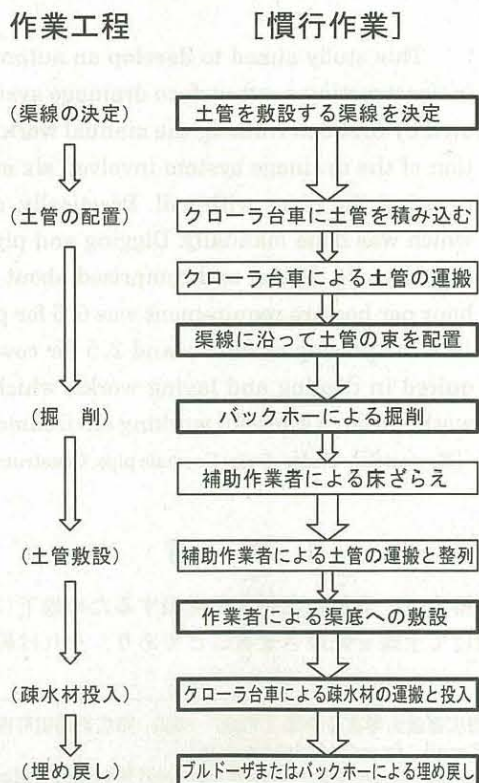


図2 暗渠土管の慣行手作業による作業工程



a) 渠線の決定と土管の配置



b) バックホーによる掘削



c) 補助作業による土管の整列



d) 手作業による土管の敷設



e) 疎水材(砂利)の投入



f) ブルドーザによる埋め戻し

図3 慣行手作業による土管敷設作業風景(幕別町軍豊地区)

2. 調査圃場と方法

慣行手作業による敷設作業能率の調査は、2002年9月23日に幕別町古舞地区および2003年11月10日に同町軍豊地区で行った。敷設土管は近年十勝地方で普及している六角管であり、これは丸管に比べて渠底での安定性が高いと言われている土管である。調査対象は前述の作業のうち、古舞地区は掘削と土管敷設の2工程であり、軍豊地区は掘削、土管敷設、疎水材投入、埋め戻し作業の4工程である。作業内容の調査は、支線に当たる吸水渠を作業したときの様子をビデオカメラで撮影し、またストップウォッチでその時間を計時して作業能率を算出した。

た。

Ⅲ 調査結果および考察

1. 作業内容と作業数

表1は慣行敷設作業の各作業内容と作業数を示す。また、図4は軍豊地区の施工図を示すが、測量による渠線の決定はすでに完了しており、調査することはできなかった。

軍豊地区での当日の施工作业は、渠線番号19～21と26～33の総面積約0.57haであり、調査時はすでに渠線の決定と土管の配置作業が完了した後であった。土管配置

表1 慣行敷設作業の作業内容と作業者数

作業工程	作業名	作業内容	作業者数 (幕別町軍豊地区)	作業者数 (幕別町古舞地区)
土管配置	運搬配置	クローラ台車の運転と配置作業	3	(3)
バックホー掘削	掘削	バックホー運転	1	1
	掘削補助	掘削深さ指示と床ざらえ作業	1	1
土管敷設	敷設補助	溝横土表面への土管整列	1	1
	土管敷設	溝内での手作業による土管敷設	1	1
疎水材投入	疎水材投入	クローラ台車の運転と資材補給	1	1
	疎水材均し	投入された疎水材を均す	1	1
埋め戻し	埋め戻し鎮圧	ブルドーザ運転	1	(1)
合計			10 [人]	10 [人]

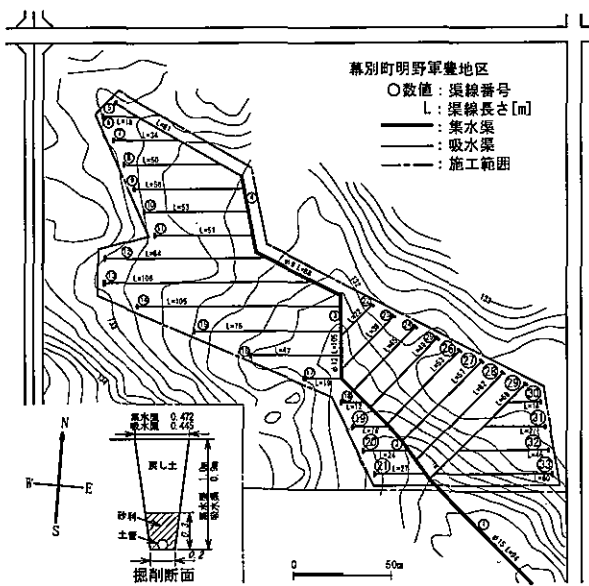


図4 幕別町軍豊地区の施工図

は、圃場の隅に山積みされた土管の束をクローラ台車で運搬し、それを渠線に沿って約3m間隔に配置する作業である。この作業時間は、施工区1.8haの場合、作業者3名で約4時間要したとのことであった。

掘削作業は渠線に沿って掘削深さの指示と床ざらえ作業を行う補助作業員1名を伴って専用のバケットを装備したバックホー(小松, PC-200)で行われた。土管敷設作業は、掘削溝に1名の土管敷設者が入り手作業で土

管を敷設する。その際、敷設者が作業しやすいように溝横土表面に土管を1本ずつ並べる補助作業員が1名配置されていた。土管敷設後の疎水材投入は、砂利を積載したクローラ台車(MOROOKA, MST-1500VD)で行われ、その後1名の作業員がその疎水材を平らに仕上げる。なお、台車の運転と疎水材積み込み用のバックホーの操作は1名で兼務されていた。最後に、ブルドーザ1台によって土を元のように埋め戻し、鎮圧して暗渠土管の施工が完了する。なお、本調査の場合、古舞地区では土管配置と埋め戻し作業を調査できなかったが、その作業者数を含めるといずれも作業者数は合計10名であった。

2. 慣行作業の各作業能率

軍豊地区の掘削から埋め戻しまでの各工程の作業能率を表2から表5に示す。なお、渠線番号は図4の施工図の渠線番号を示す。また、調査時に回行や待機時間を正しく測定できなかった作業列が多かったことから、作業能率は作業長を作業時間で除して求め、それぞれの作業速度は実作業時間で除して算出した。

(1) 掘削作業

暗渠溝の掘削はバックホーで行われるが、回行は渠線に沿ってバックホーを前進させ、その際バケットの先端を軽く地面に接触させてマーキングを行う。集水渠に到着すると始めの約3.5m間を5~6分かけて前掘し、本掘削はそれぞれ6~8回繰り返す、約3.5m間隔に後退して掘削を継続する。なお、後退1回当たりのサイクルタイムは1分40秒~2分10秒であった。

表2 バックホー掘削の作業能率(軍豊地区)

渠線番号	作業能率 [m/h]	作業時間 [分:秒]			総時間 [分:秒]	作業長 [m]	掘削速度 [m/h]
		回行・待機	掘削	停止			
28	96.3	1:16 (3.2)	37:30 (94.6)	0:52 (2.2)	39:38 (100)	62.2	99.5
29	111.3	1:40 (3.7)	36:05 (80.5)	7:06 (15.8)	44:51 (100)	70.0	116.4
33	113.5	3:04 (9.2)	28:26 (85.8)	1:39 (5.0)	33:09 (100)	59.6	125.8

() 内数値は時間割合 [%]

表2は掘削の作業能率を示す。渠線番号28の設計渠線長は62mであるが、実際の作業長は62.2mであり、掘削の総回数は144回で後進回数が18回であった。実作業時間から求めた掘削速度は99.5m/hであり、渠線番号29と33の掘削速度はそれぞれ116.4、125.8m/hとなり、平均すると113.9m/hの速度で作業することが可能であった。なお、古舞地区の場合の掘削速度は117.1m/hであり、軍豊地区と大差ない速度であった。いずれの調査区も集水渠に向かって緩い傾斜地となっており、平坦地で見られるような吸水渠管の水勾配を気にする必要が無く、比較的迅速に作業が行えたと言える。また、打合せなどによる停止時間が若干生じたものの、平均の作業能率は107.0m/hであった。

(2) 敷設作業

表3は手作業による土管敷設の作業能率を示す。敷設作業は、実際に溝に入って作業する人と土管を整理させる人の組み作業で行われる。通常、前掘を開始してから5～10分経過後、補助作業者が土管を土表面に1本ずつ並べる作業を開始し、それに若干遅れて敷設作業者が溝内に入り、集水渠に土管を繋げて吸水渠用の土管を敷設する。その後、敷設作業者は一度に両手で2本の土管を持ち、腰を屈めて渠底に隙間ができないように土管の端面を接合させて並べていく。この際、掘削の補助作業者が床ざらえを行っているが、それが不十分な場合、作業者は溝内の土を利用して渠底が平らになるように整地し

て敷設が行われる。このときの1本当たりの敷設サイクルタイムは7～10秒であった。敷設速度は100.4～152.0m/hの範囲で変化したが、平均すると124.9m/hの速度であった。なお、古舞地区の場合は渠底の地均しを特に行ってないことから、敷設速度は若干速く180.3m/hであった。また、補助作業者の土管整列が手間取ると敷設作業に影響を与えてしまうことが観察された。しかし、手作業による敷設は、前述の掘削作業速度と比べると約10%速く、若干の時間差をおいて作業しても掘削に追いついてしまうことが明らかとなった。

なお、軍豊地区では移動・待機時間が大きく変化しているものの作業中の停止時間はほとんど無く、移動・待機時間を除いた平均作業能率は123.4m/hとなり、掘削作業よりも約15%高いことが判明した。

(3) 疎水材投入作業

表4に示す疎水材投入作業は、クローラ台車に砂利を積載し、それを走行させながら敷設後の土管の上に投入する。この作業は完全に敷設作業が終了してから行われるため、特に渠線番号28の場合、待機時間が37分51秒と全作業時間の74%を占める結果となった。待機時間を除いた作業時間は13分10秒であり、作業長62.2mの溝に砂利を投入するために運搬車は途中1回の補給を必要とし、全作業時間に資材補給のための積み込み時間と移動時間が9分40秒含まれた。しかし、実際の投入時間は3分30秒であったことから、資材投入の作業速度は1,066

表3 手作業による土管敷設の作業能率(軍豊地区)

渠線番号	作業能率 [m/h]	作業時間 [分:秒]			総時間 [分:秒]	敷設土管数 [本]	作業長 [m]	敷設速度 [m/h]
		移動・待機	土管敷設	停止				
28	116.9	9:12 (22.4)	30:02 (73.0)	1:53 (4.6)	41:07 (100)	201	62.2	124.3
29	100.4	19:21 (31.6)	41:49 (68.4)	0 (0)	61:10 (100)	235	70.0	100.4
31	139.6	— (—)	13:40 (100)	0 (0)	13:40 (100)	105	31.8	139.6
32	152.0	4:43 (20.2)	18:38 (79.8)	0 (0)	23:21 (100)	154	47.2	152.0
33	108.2	— (—)	33:03 (100)	0 (0)	33:03 (100)	190	59.6	108.2

() 内数値は時間割合 [%], 移動・待機時間の—記号は未測定

表4 疎水材投入の作業能率(軍豊地区)

渠線番号	作業能率 [m/h]	作業時間 [分:秒]					総時間 [分:秒]	作業長 [m]	投入速度 [m/h]
		回行・待機	資材投入	資材積込の移動	資材積込	停止			
28	283.4	37:51 (74.2)	3:30 (6.9)	4:15 (8.3)	5:25 (10.6)	0 (0)	51:01 (100)	62.2	1,066.3
29	325.6	— (—)	4:36 (35.7)	4:33 (35.3)	3:45 (29.0)	0 (0)	12:54 (100)	70.0	913.0
32	158.8	— (—)	2:38 (14.8)	5:10 (29.0)	10:02 (56.2)	0 (0)	17:50 (100)	47.2	1,075.4

() 内数値は時間割合 [%], 回行・待機時間の—記号は未測定

表5 埋め戻しの作業能率 (軍豊地区)

渠線番号	作業能率 [m/h]	作業時間 [分:秒]			総時間 [分:秒]	作業長 [m]	埋め戻し速度 [m/h]
		回行・待機	埋め戻し	停止			
20	350.6	— (—)	4:28 (100)	0 (0)	4:28 (100)	26.1	350.6
21	324.3	— (—)	5:53 (100)	0 (0)	5:53 (100)	31.8	324.3
32	317.6	50:45 (85.1)	8:55 (14.9)	0 (0)	59:40 (100)	47.2	317.6

() 内数値は時間割合 [%], 回行・待機時間の—記号は未測定

表6 慣行手作業による各工程の作業時間の試算 (施工面積0.576ha)

作業名	作業時間 [時間:分:秒]						総時間
	回行・待機	掘削	整列・敷設	資材補給	投入	埋め戻し	
バックホー掘削	0:08:38 (3.0)	4:38:6 (97.0)	—	—	—	—	4:46:44 (100)
土管整列と敷設	0:51:13 (17.7)	—	3:58:35 (82.3)	—	—	—	4:49:48 (100)
疎水材投入	2:02:03 (40.0)	—	—	2:34:40 (50.7)	0:28:17 (9.3)	—	5:05:00 (100)
埋め戻し	3:50:49 (72.6)	—	—	—	—	1:27:04 (27.4)	5:17:53 (100)

() 内数値は時間割合 [%]

試算条件: 渠線長: 60m, 渠線間隔: 12m, 作業列: 8, 面積: 0.576ha

バックホー掘削速度: 113.9m/h, 土管敷設速度: 124.9m/s

疎水材投入速度: 1018.3m/h, 資材補給時間: 10分40秒/回, 埋め戻し速度: 330.8m/h

m/h であり, 平均すると1,018m/h となり, 前述の掘削と敷設作業に比べて8倍以上高速であることが明らかとなった。また, 各渠線とも砂利の補給回数は1回であったが, 砂利の積み込み時間に差があり, その結果回行・待機時間を除いた作業能率は158.8~325.6m/h とばらつきが見られ, 平均すると255.9m/h の能率で作業が可能であった。

(4) 埋め戻し作業

土管敷設後の埋め戻し作業は掘削土を十分に乾燥させてから埋め戻すことが理想である。しかし, 休耕することがほとんど無いため, 天候や工期の関係ですぐに埋め戻すことが一般的に行われている (石渡ら, 1993)。表5に示すブルドーザによる埋め戻し鎮圧作業は敷設後すぐに行われ, 資材補給なども無く, またほとんど停止も生じないことから, 作業速度に換算すると平均で330.8m/h の能率で作業が完了した。

以上の結果より, 掘削作業と土管敷設作業の作業速度は, それぞれ113.9m/h と124.9m/h となり, 資材補給を含めた疎水材投入作業速度の255.9m/h と埋め戻し作業速度の330.8m/h に比べると, 作業能率は極端に低いと言える。したがって, 疎水材投入と埋め戻し作業は, 掘削と敷設作業に追いついてしまい, 前作業が終わるまで待機している状態が生じる。今回の調査では, 渠線番号28の疎水材投入と32の埋め戻し作業の回行・待機時間

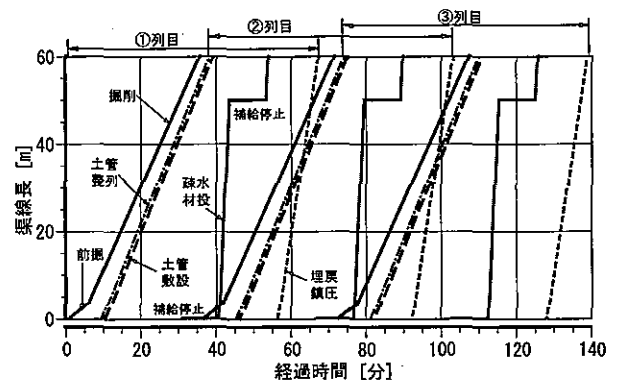


図5 掘削から埋め戻し作業までの作業ダイヤグラム (渠線長60m, 渠線間隔12m, 渠線数3の場合)

は, それぞれ37分51秒と50分45秒と大きな時間割合を占める結果となったが, これらの作業者はその時間に渠線に配置した杭や不良土管, 土管の結束ひもの回収などの圃場清掃を行っており, 無駄な待機時間にはなっていない。

3. 作業工程と作業時間の試算

これまで述べた慣行手作業の場合の掘削から埋め戻しまでの各作業速度を考慮して, 渠線長60m, 渠線間隔12m, 吸水渠8列, 総作業面積0.576haを連続作業した場合の作業時間を試算してその結果を表6に示す。また, 図5は各作業工程と経過時間の関係を渠線数3列分につ

いての作業ダイヤグラムを示す。

掘削の総時間は4時間46分44秒であり、この中に回行8分38秒、前掘40分が含まれる。つぎに、土管敷設作業は前掘終了後に行われるが、前述のように土管を整列させる作業と敷設作業が組み作業で行われ、しかも掘削に比べて約10%速いことから途中で掘削作業に追いついてしまうことが予想される。そのため、1列につき前掘を開始してから3分の待機時間を取ってから敷設作業が開始され、作業開始からの総作業時間は4時間49分48秒となる。疎水材の投入作業は土管の敷設作業後に行われ、回行や待機、資材補給時間を含めた総作業時間は作業開始から積算すると5時間5分となり、実際の投入作業時間の割合は9%と極めて短い。最後の埋め戻し作業は、投入された疎水材を平らに均してから行われ、回行・待機時間が3時間50分49秒と全体の73%を占めるが、実際の埋め戻し作業時間は1時間27分4秒である。このように、掘削と土管敷設作業は待機時間も少なく、次の渠線へと移動して連続作業が可能である。しかし、疎水材投入と埋め戻し作業は前の作業が終了した後に行われるため、待機時間が極端に大きくなることが判明した。

また、掘削から埋め戻しまでの作業サイクルは図5のように行われ、1列の施工に要するサイクルタイムは1時間7分である。この面積の総作業時間は5時間17分53秒と予想され、当日の軍豊地区(施工面積0.57ha)での作業時間とはほぼ同等であり、試算の妥当性が裏付けられた。

4. 投下労働量

前述の作業時間の試算から、1ha当たりの作業時間と投下労働量を算出し(松田ら, 2001)、その結果を表7に示す。

渠線決定後の土管の運搬と配置作業は、作業員3名で2.21時間要し、投下労働量は6.63人・時/haとなる。敷設作業は、本来バックホーで掘削した後、溝内の土が

ある程度乾いてから土管を敷設することが理想と言われている。しかし、実際にはバックホーで掘削を開始してからすぐに敷設作業を開始していることから、掘削時間とはほぼ同じ時間で敷設作業も終了し、その時間は8.34時間となる。掘削と敷設の作業員数は、掘削がバックホー運転者1名、深さ指示と床ざらえのための補助作業員1名、敷設作業員1名と土管整列の補助作業員1名の計4名となり、そのときの投下労働量は33.36人・時/haとなる。

つぎに、疎水材投入作業は1回の資材補給で約50mの作業が可能であり、その補給や堆積場所への移動時間を含めた作業時間は、待機時間を除くと5.29時間となり、投下労働量は10.58人・時/haとなる。また、埋め戻し作業は資材補給などが無いため比較的迅速に作業が可能であり、待機時間を除いた作業時間は2.52時間であり、投下労働量は2.52人・時/haとなる。

以上のように、土管の配置作業から掘削、土管敷設、疎水材投入、埋め戻しまでの一連の作業の総時間を求めると、作業時間は18.36時間、また労働投下量は53.09人・時/haとなる。その中でも特に、掘削と土管敷設作業は全作業時間に対する割合が高く、作業時間で45%、投下労働量で63%となり、作業改善の必要性が明らかとなった。

最後に、暗渠土管の施工は、作物の収穫後に行われることから北海道では極めて過酷な気象環境で作業しなければならない、しかもその作業に多大な時間を要することから、施工面積も制限されてしまう。したがって、これらの問題を解決するためにも、暗渠土管自動敷設機を施工作業に導入することの必要性は高いと判断できる。

Ⅳ 摘 要

本研究は、開発した暗渠土管自動敷設機の作業性能を評価するため、本報では慣行手作業による敷設作業を調

表7 慣行手作業による暗渠施工の1ha当りの投下労働量

作業工程	作業内容	作業員数 [人]	作業時間 [h/ha]	投下労働量 [人・時/ha]
土管運搬と配置	土管積み込み 渠線に土管配置	3	2.21 (12.1)	6.63 (12.5)
掘削	バックホー運転 深さ指示と床ざらえ	1 1	8.34 (45.4)	33.36 (62.8)
土管敷設	土管敷設 敷設補助	1 1		
疎水材投入	クローラ台車運転 疎水材均し	1 1	5.29 (28.8)	10.58 (19.9)
埋め戻し	ブルドーザ運転	1	2.52 (13.7)	2.52 (4.8)
合計		10	18.36 (100)	53.09 (100)

() 内数値は各工程の割合 [%]

査分析した。

- 1) バックホーによる掘削と手作業による土管敷設の平均作業速度は、それぞれ114m/h, 125m/hであった。
- 2) 疎水材投入と埋め戻しの作業速度は、それぞれ1,018 m/h, 331m/hと速く、待機時間が多く生じることから掘削と敷設作業の高速化が必要であることが明らかとなった。
- 3) 土管配置から埋め戻しまでの一連の作業能率は、土管配置が2.2h/ha, 掘削と土管敷設は8.3h/ha, 疎水材投入が5.3h/ha, 埋め戻しは2.5h/haであり、掘削と敷設が作業時間の大半を占めると試算された。
- 4) 慣行手作業の投下労働量 (人・時/ha) は、土管配置が6.6, 掘削と土管敷設は33.4, 疎水材投入が10.6, 埋め戻しは2.5であり、合計は53.1であった。特に、掘削と敷設作業は63%の投下労働量となることが試算された。

引用文献

- 石渡輝夫, 横堀 将, 松田 豊, 辻 修, 1993. 暗渠排水の機能促進のための埋戻し処理について, 農業技術, 48 (7), 300-303.
- 佐藤禎稔, 2004. 暗渠土管自動敷設機の開発①, セラミック暗渠研究, 4, 11-18.
- 多田達実, 鈴木真一, 川崎 宏, 竹内義勝, 勝山真一, 2004. 農業用暗渠排水管洗浄システムの開発, 農業機械学会北海道支部第55回年次大会講演要旨, 11-12.
- 辻 修, 松田 豊, 土谷富士夫, 1993. 排水不良畑における特殊暗渠の有効性, 農業土木学会誌, 61(9), 855-858.
- 北海道農業土木協会, 2002. 暗渠排水設計指針, (社)北海道農業土木協会, 札幌.
- 松田清明, 宮本啓二, 佐藤禎稔, 2001. ナガイモ掘取り機の収穫作業体系と作業性能および負担面積, 農作業研究, 36 (3), 163-170.
- 長浜謙吾, 1981. 暗渠排水発達史, 農業土木学会, 東京
農林水産省構造改善局整備課, 1983, 暗渠排水の設計と施工, (社)畑地農業振興会, 東京.