

暗渠排水用プラスチックパイプの 強度に関する研究 (第1報)*

パイプの試作と基礎試験

石原 昂・樋口 英夫・西川 佳範

(鳥取大学農学部農業機械学研究室)

Studies on the Strength of Plastic Pipe for Underdrain (1)
Produce by Way of Trial and Fundamental Test of Pipe

Akira ISHIHARA, Hideo HIGUCHI and Yoshinori NISHIKAWA

(Laboratory of Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture, Tottori University)

1967年9月30日受理

Synopsis

Recently, plastic pipe for underdrain has been developed because of its elasticity, portability, construction ability etc. When plastic pipe is buried in the field, it seems that the strength of plastic pipe is affected by the following factors:

- (1) Figure of pipe.
- (2) Surrounding temperature.
- (3) Tractive pressure.
- (4) Soil condition.
- (5) Pipe condition when buried.

At the fundamental pressure test, plastic pipe shows much elasticity and it is not influenced by the change of soil temperature within the range of 5 to 30°C.

I 緒 言

従来暗渠排水用として素焼の土管が使用されていたが、近年合成樹脂が著しく発達し、その可搬性、弾力性、施工性等が優れているために暗渠排水用にもこれが使用されるようになってきた。合成樹脂にはユリア、アクリル、スチロール等種々の種類があるが、生産コスト、強度、あるいは酸、アルカリ、光等の化学性を含めた耐久度等の面から主として塩ビ系統の合成樹脂が、従来の土管に代るものとして開発されてきている。(1)(2)

そこで本報では、パイプの長さおよび外径等を種々に

変えた数種類の暗渠排水用プラスチックパイプを試作し、それを埋設した場合にどのような力が働くか、またどのような形状のものが適当であるかを見出すために実験を行なった。

暗渠排水用パイプを素焼のものから合成樹脂のものへ移行する場合には、耐久度を含めた集水性および強度の2方面に関する研究が必要であるが、集水性に関する研究は別途に農業土木学的見地より研究を進めており、したがって本研究は強度面に関して研究したものであって、今回はそのうち基礎試験だけを報告する。また本研

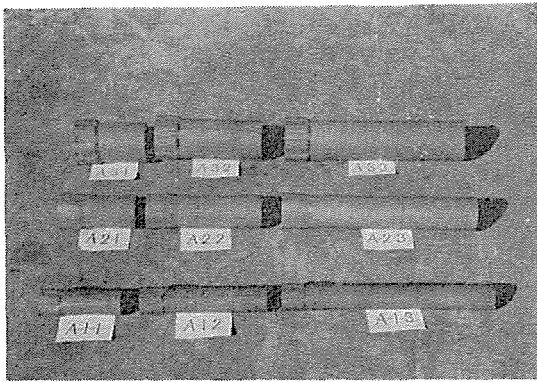
* 昭和41年11月農業機械学会関西支部(神戸)講演
鳥農学報, XX

究においては、生産コストは主として材料費の大小により左右されるので、この実験における最終目的は材料を出来るだけ少くし、強度および集水性を満足出来る形状を決定することを目的とした。

II 内 容

1. 試作パイプの概要

第1図のようにパイプの一端にリブを付けて大きくし、そのリブ部を継ぎ合わせ、その継ぎ合わせの間隙より集水する機構にしたもので、外径が大, 中, 小の3種類、またその各々について長さが長, 中, 短の3種類のもの合計9種類、また特に集水性をよくするために、この9種類の各々のリブ部にスリットを備けたものを9種類、総計18種類のパイプを試作したが、その詳細は第1表の通りである。



第1図 供 試 パ イ プ

第1表 試作パイプの種類と形状 (単位: mm)

形 状	大きさ	外径	肉厚	接 合 リ ブ			
				個数	長さ	幅	外径
状	大	113	2.8	8	70	25	126
	中	90	2.0	8	75	16	95
	小	60	2.0	6	55	16	65
長 さ	長 さ	全長	ス リ ッ ト				
			長 さ		幅		
	長	495	19~24		2.0~3.1		
	中	295	"		"		
短	195	"		"			

2. パイプの強度変化に関係する要素

パイプを地中に埋設した場合、外部からパイプに対して一定圧力がかけられた場合のパイプの強度は種々の変化要素により影響を受けるので異なるが、その主な要素としては次のようなものが考えられる。

a) パイプの形状 パイプの形状により、同一条件下において使用されるパイプの強度は異なり、その変化要素は次のように分類される。

①大きさ(外径) ②肉厚 ③長さ ④継目部の形状

b) 環境温度 パイプが埋設されている地中温度の変化により、パイプの強度は異なる。

c) 載加荷重 パイプが埋設されている地上部に、載加されるトラクタ等の重量物の荷重の大小により、また、それが走行すること等によってパイプが受ける圧力の大きさは増減するので、その変化要素は次のように分類される。

①荷重重量 ②速度 ③作業種類(耕耘した場合としない場合)

d) 土壌状態 パイプが受ける圧力の大きさは埋設されている土壌状態によっても異なるが、その変化要素は次のように分類される。

①硬度 ②水分 ③土質

e) 埋設状態 パイプが受ける圧力の大きさはパイプの埋設状態によっても異なり、その変化要素は次のように分類される。

①埋設深さ ②パイプ内の水の充填度 ③継ぎ合わせ長さ

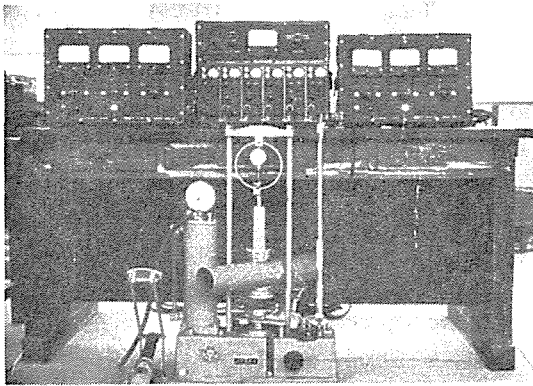
3. 実験装置および方法

a) 実験方法の概要 パイプの強度は上述した種々の要素によって左右される。パイプを埋設してその地上部を大型トラクタ等が走行し、パイプに過大の荷重が加わって、パイプが折損あるいは亀裂等を生じて使用不能になった場合、その時点での荷重を、埋設されているために、正確に測定することは出来難いし、またパイプの強度の変化要素の各々について最悪状態を同時に設定することは困難であるため、本実験においては強度の各変化要素の関係を予め個々に求めた後、各要素を含んだ任意の一定条件の下での総括的な実験を実施して、それから各々の要素の最悪条件下のパイプにかかる関係を求めることによって、限界許容強度を持つパイプの形状を決定した。なお、本実験においては、実際使用される場合の想定可能な使用条件の範囲として、環境温度は0~35°C

トラクタの荷重は 1.5 ton, 埋設深さは 50~150 cm の範囲とした。

b) 圧縮試験 パイプの中央部にストレインゲージを貼付し, 第 2 図に示すように単軸圧縮試験機で, 荷重をかけた部分の単位長さ当りの荷重と撓み量との関係を各種パイプの単一体の時と, 連結した時の各々について測定した。

なお, 荷重の大きさは 10 kg 間隔に 100 kg まで段階的にかけて, その都度, パイプの撓み量を測定した。したがって, 荷重のかけ方は等分布部分荷重であり, その点の撓み量を測定した。



第 2 図 圧 縮 試 験 装 置

c) 環境温度の影響 年間を通じて一定時刻の気温とその時の一定深さの地中温度を測定した。なお, 測定時刻は午前 10 時, 地中深さは地表より 0, 10, 20, 30, 50, 100, 300cm の 7 層である。

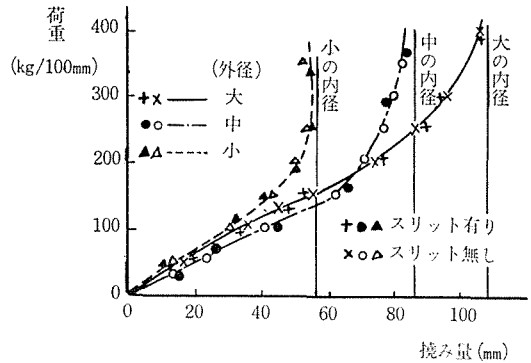
また, 5°C 間隔における長さ [中] のパイプの大きさ [大], [中], [小] のそれぞれの場合の温度の変化による荷重と撓み量との関係を, 第 2 図に示すような圧縮試験機で測定した。

III 実験結果および考察

1. 圧縮試験

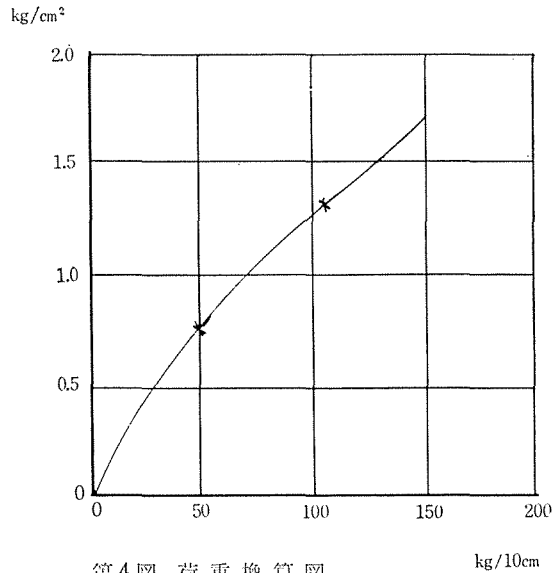
第 3 図は 20°C における長さ [中] の大きさ [大], [中], [小] のそれぞれの場合の単一体パイプを径の方向に圧縮させた場合の荷重と撓み量との関係を示したものである。本図によると荷重が約 150 kg 位まではほぼ直線的に増加し, その範囲内では荷重を除去してもほぼ原形に帰るが, それ以上荷重が大きくなると, 大きくなるにしたがって撓み量は内径に収斂しながら大きくなるこ

とを示している。すなわち, 荷重が約 150 kg の場合が弾性限度であると思われる。全圧縮した後, 荷重を除去すると, 圧縮両端部は鋭利に屈曲するが, 亀裂あるいは, 折損は生じないで長径と短径の比が約 9% の楕円形状に戻り, 非常に弾性的であることを示した。



第 3 図 荷重と撓み量との関係(1)

第 4 図は長さ [中], 大きさ [中] のパイプについて, 長さ当りの荷重と面積当りの荷重を土圧計を使用して, 圧縮試験機によって補正換算したものである。

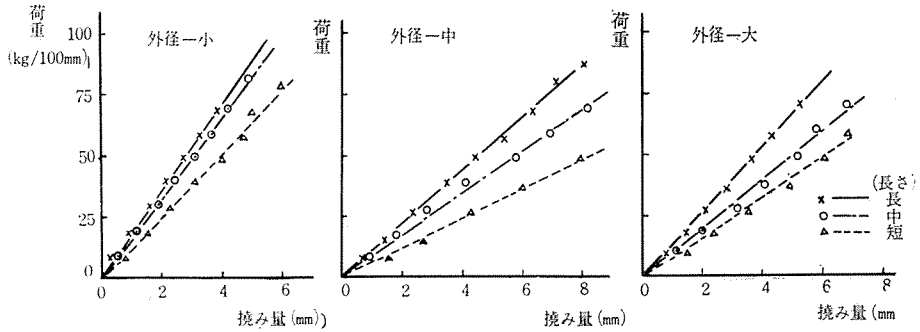


第 4 図 荷重換算図

第 5 図は荷重と撓み量との関係が直線的比例範囲内において, パイプの大きさを一定にして長さを変えた場合

の荷重と撓み量との関係を示したもので、長さが長くなる程一定荷重に対して撓み量が小さくなることを示している。また本実験のように中央部に荷重を加えた場合に

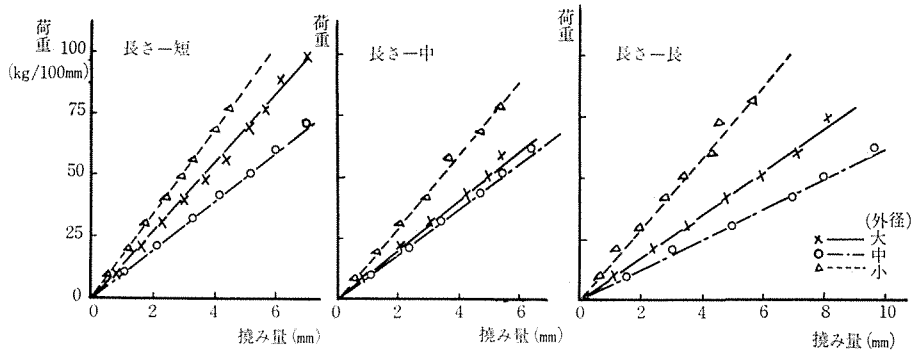
は、第3図に示すようにこの程度のスリットでは、スリットの有るものと無いものとの差は認められなかった。



第5図 荷重と撓み量との関係(2)

第6図は同様の範囲内において、長さを一定にして大きさを変えた場合の荷重と撓み量との関係を示したもので、一定荷重に対して大きさが〔小〕のパイプにおいて

最も撓み量が小さいことを示している。



第6図 荷重と撓み量との関係

パイプを埋設した場合実際にパイプに加わる荷重は、土圧の分布荷重とトラクタ等の踏圧の移動漸変荷重を加えたもので、しかも反力支持点等が明確でない連続梁と考えられる。長さ〔中〕のパイプは、全長が295mm、リップ部の長さが75mmで支点距離の長さに比べ第7図のように支点からリップ段付部迄、その約1/4に当たる。そこで、大きさが〔大〕,〔中〕,〔小〕のパイプの強度を比較するために、次のような仮定を置いて長さ〔中〕の外径別による撓み量の比較要素を求めてみると(1)式のようになる。

- 仮定 ○反力支持点パイプ接合中央下部にある。
- 荷重は上方よりパイプ中央部だけに集中荷重として加わり、またパイプの種類に関係なく同一である。
- 接合部が中央部に比べ、断面係数が非常に大きいため、単一両端支持梁と考える。

なお、第7図および下記の式においてA、Bを支点位置、Cを中央部、Dをパイプ継目位置、 d_1 をパイプ外径、 d_2 をパイプ内径、Eを弾性係数、Iを断面二次モーメント、Pを荷重、 l を支点距離、 x をC点からの距

離, M_x を x 点の曲げモーメント, y を撓み量, v_c , y_D を C および D 点の撓み量, θ を水平面とのなす角, θ_D を D 点の水平面とのなす角, k_1, k_2 を定数とする。

$$M_x = \frac{P}{2} \left(\frac{l}{2} - x \right)$$

$$EI \frac{d^2 y}{dx^2} = -M_x = \frac{P}{2} x - \frac{Pl}{4}$$

$$EI \frac{dy}{dx} = \frac{P}{4} x^2 - \frac{Pl}{4} x + k_1$$

$$EI \cdot y = \frac{P}{12} x^3 - \frac{Pl}{8} x^2 + k_1 x + k_2$$

$$x = 0 \text{ で } y = 0, \frac{dy}{dx} = 0$$

したがって $k_1 = 0, k_2 = 0$

$$EI \frac{dy}{dx} = \frac{P}{4} x^2 - \frac{Pl}{4} x$$

$$EI \cdot y = \frac{P}{12} x^3 - \frac{Pl}{8} x^2$$

$$\theta_D = \left(\frac{dy}{dx} \right)_{x=\frac{3l}{8}} = \frac{-15}{256} \frac{Pl^2}{EI}$$

$$y_D = (y)_{x=\frac{3l}{8}} = \frac{-27}{2048} \frac{Pl^3}{EI}$$

$$y_C = y_D + \theta_D \cdot \frac{l}{8} = \frac{-27}{2048} \frac{Pl^3}{EI} -$$

$$\frac{15}{256} \frac{Pl^2}{EI} \cdot \frac{l}{8} = - \frac{21}{1024} \frac{Pl^3}{EI}$$

また $I = \frac{\pi}{64} (d_1^4 - d_2^4)$ であるから

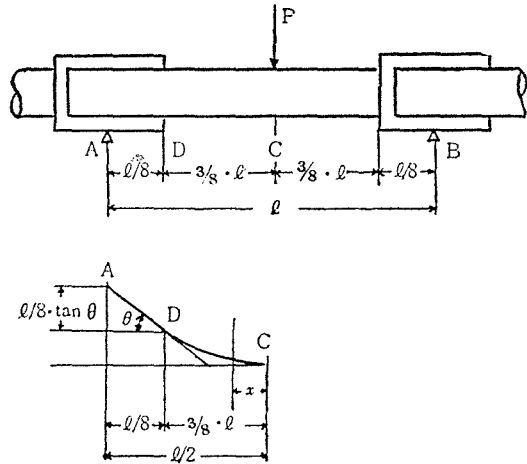
$$y_C = \frac{-21}{1024} \frac{Pl^3}{E} \cdot \frac{64}{\pi (d_1^4 - d_2^4)}$$

$$= \frac{-21}{16\pi E} \frac{Pl^3}{(d_1^4 - d_2^4)} \quad (1)$$

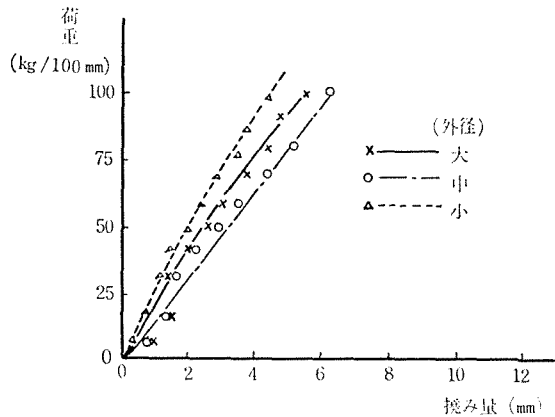
すなわち, 径方向の撓みは $\frac{1}{(d_1^4 - d_2^4)}$ によって異なるので, 供試パイプにおいては大きさ [大] のパイプが径方向の撓みは最も小さいといえる。

第8図はパイプを連結した場合に, 径方向に圧縮した場合の長さ [中] の大きさ別の荷重と撓み量との関係を示したもので, 単一体パイプのそれと比較して, 一定荷

重に対して撓み量が減少することを示している。



第7図 仮想梁の荷重分布と撓み

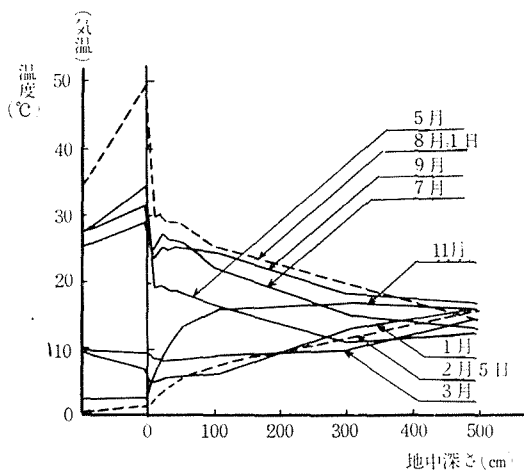


第8図 荷重と撓み量との関係(4)

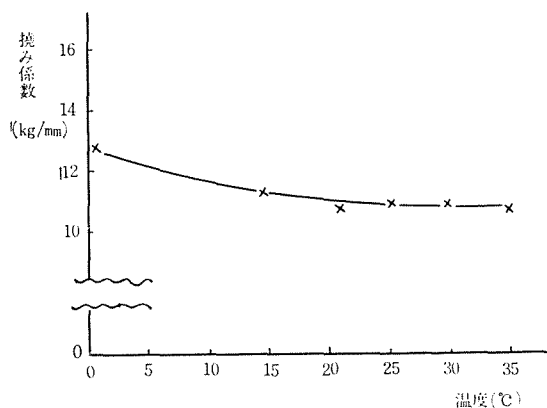
2. 環境温度

第9図は時刻が午前10時における奇数月の地温の平均値および最低最高値を示したもので, 気温が 30°C 以上および 0°C 以下になると, 表面温度と気温との差が急増し, また地温は深さが増加するにしたがって, 気温に関係なく, 一定値 ($13\sim 16^\circ\text{C}$) に収斂することを示している。

他方, 埋設深さは約 $50\sim 150\text{cm}$ の範囲内であるから, パイプの温度変化範囲は第9図より $5\sim 30^\circ\text{C}$ と考えられ



第9図 気温と地中深さとの関係



第10図 温度と撓み係数との関係

る。第10図はパイプの各温度における荷重と撓み量との関係すなわち、撓み係数の関係を示したもので、5～30°Cの範囲内では温度によって荷重と撓み量の関係は変わらないことを示している。

IV 結 論

供試パイプに関する基礎試験および環境温度の試験においては、次のことがいえる。

1. 塩化ビニールパイプは可搬性、弾力性に富み、径方向の長さ当り 15～20 kg/cm の範囲内の荷重においては荷重と撓み量はほぼ直線的に比例し、荷重を除去した後も原形に復帰する。

2. 全圧縮をした後、荷重を除去すると、変形はするが亀裂および折損は生じない。

3. パイプの埋設されている環境温度は 5～30°C で、この温度範囲内においては温度によるパイプの強度の影響はない。

なお、本研究に使用したパイプ類は、山陰積水化学工業株式会社斐川工場で作成したものであることを付記する。

参 考 文 献

- (1) 田田野直哉・他：農業土木学会誌, 34, 3 (1967)
- (2) 海老名芳郎・他：農業土木学会誌, 34, 15 (1967)