

## 無勾配暗渠排水のすすめ

### The Recommendation of the No Incline Underdrainage

櫻田 浩二\*  
(SAKURADA Koji)

#### I. はじめに

日本の農業は、米消費量の減および食糧自給率や農家の収入確保などの観点から水田の畑作利用が重要課題となっているが、作土層の下に耕盤という不透水性の層が形成されている水田で品質の良い高収益の畑作物を生産するには、雨水による重力水などの余剰水を速やかに排除できる暗渠排水の施工が必要となる。

暗渠排水は、敷設勾配 1/100~1/1,000 を標準として施工されてきたが、暗渠出口の水位が高い場合や排水路の深さを浅くしたい場合などに、勾配 1/1,000~無勾配という緩勾配の暗渠排水が施工されるようになり、シートパイプ、ドレンレイヤー、ベストドレーン、RD (リサイクルドレーナー) などの工法が普及している。

本報は、このような無勾配を含む緩勾配の暗渠排水の設計の考え方について、土地改良事業計画設計基準計画「暗きょ排水」基準書・技術書<sup>1)</sup> (以下「基準」という) に基づいて計算例を示したものである。

#### II. 吸水渠の間隔

基準 p.170 によれば、作土層の下に耕盤という不透水層が形成されている場合は、吸水渠間隔は、暗渠の口径や勾配に関係なく、作土厚とその透水係数および計画暗渠排水量によって決まり、次の式で求められる。

$$S = 2H \sqrt{\frac{k}{D}} \times 86.4 \quad \dots\dots\dots \text{(基準 式 27.1)}$$

ここで、 $S$ : 吸水渠間隔 (m),  $H$ : 作土厚 (cm),  $k$ : 吸水渠間隔決定のための透水係数 (cm/s),  $D$ : 計画暗渠排水量 (mm/d), 定数 86.4 は単位換算係数であり、吸水渠間隔  $S$  は、透水係数が  $k$  で、厚さ  $H$  の作土層を通して計画暗渠排水量  $D$  を集水できる範囲を示す。

水田として利用する場合、 $H$  は通常 15 cm,  $D$  は 20~30 mm/d (基準 p.33) で、 $k$  は作土の現場透水係数  $k_s$  が通常  $10^{-3} \sim 10^{-5}$  cm/s (基準 p.97) であることから、 $k_s = 1 \times 10^{-5}$  cm/s とすれば、基準 p.171 の表

-27.2 より  $k = 1 \times 10^{-2}$  cm/s となる。ここで、 $H = 15$  cm,  $D = 20$  mm/d とした場合、次のようになる。

$$S = 2 \times 15 \sqrt{\frac{1 \times 10^{-2}}{20}} \times 86.4 = 6.2 \text{ m} \quad \dots\dots\dots (1)$$

水田を畑作利用する場合は、 $H$  が通常 20 cm,  $D$  は 30~50 mm/d (基準 p.35), 作土の透水係数は水田利用より 1 桁大きくなる (基準 p.178) ことから、 $k_s = 1 \times 10^{-4}$  cm/s とすれば、 $k = 3 \times 10^{-2}$  cm/s となり、 $H = 20$  cm,  $D = 40$  mm/d とした場合、 $S = 10.2$  m となる。

したがって、水田利用の場合の 6.2 m が畑作利用の 10.2 m を下回っているため、必要な吸水渠間隔は、水田利用の場合の  $S = 6.2$  m となる。

#### III. 補助暗渠

基準 p.51 で、吸水渠間隔  $S$  の下限値を 7.5 m としている。II. の計算例のように 7.5 m 以下の間隔となる場合は、補助暗渠を導入して組合せ暗渠を考える必要がある。ここで吸水渠間隔を一般的な 10 m とすれば、下記の基準 p.173 の式 (27.3) で求まる間隔で補助暗渠を設置することで計画暗渠排水量  $D$  を排除できる。

$$\frac{1}{S^2} = \frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} \quad \dots\dots\dots \text{(基準 式 27.3)}$$

ここで、 $S$ : 式 (27.1) で求まる吸水渠間隔 (m),  $a$ : 実際施工する吸水渠間隔 (m),  $b$ : 補助暗渠間隔 (m) で、この式から下記により補助暗渠間隔  $b$  が求まる。

$$b = \sqrt{\frac{a^2 \times S^2}{a^2 - S^2}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式(2)から、II. の計算例で  $S = 6.2$  m,  $a = 10$  m の場合、

$$b = \sqrt{\frac{10^2 \times 6.2^2}{10^2 - 6.2^2}} = 7.9 \text{ m} \quad \dots\dots\dots (3)$$

の間隔の補助暗渠が必要となる。

#### IV. 吸水渠の勾配

基準 p.56 で、暗渠内の流れは等流 (暗渠内に水面がある開水路状態) と仮定し、流速は Manning 式によ

\*福島県土地改良事業団体連合会



暗渠排水、緩勾配暗渠、無勾配暗渠、補助暗渠、吸水渠、疎水材

り求め、その勾配  $I$  は暗渠の敷設勾配としているが、無勾配を含む緩勾配暗渠の場合は、基準 p.176 の調査事例にあるように、暗渠内は満流状態（暗渠が重力水の中にある状態）と仮定し、上流端水位を圃場の上流端における地表面から暗渠天端までの深さ  $h$  (m) とし、下流端水位を暗渠排水口天端位置で 0 (m)、延長を圃場の上流端から暗渠排水口までの  $L$  (m) とし、土中の重力水の動水勾配  $I$  を求め、マンニング式を用いて満流での流量計算を行えばよい。

動水勾配の考え方を図-1 に示す。

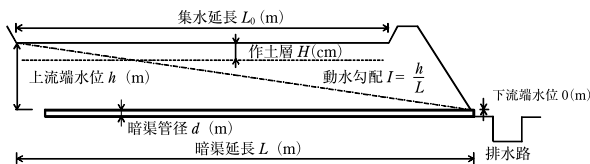


図-1 緩勾配暗渠の動水勾配の考え方

### V. 吸水管の口径

II. の計算例の集水範囲として、吸水渠間隔  $S=10$  m (補助暗渠間隔 7.9 m)、集水延長  $L_0=100$  m とすれば、1 本の吸水管の排水量  $Q$  は、水田利用で  $D=20$  mm/d の場合は、

$$Q = \frac{D}{1,000 \times 86,400} \times S \times L_0$$

$$= \frac{20}{1,000 \times 86,400} \times 10 \times 100$$

$$= 0.00023 \text{ m}^3/\text{s} \dots\dots\dots (4)$$

となり、畑作利用で  $D=40$  mm/d の場合は、 $Q=0.00046 \text{ m}^3/\text{s}$  となる。

したがって、暗渠天端深さ 50 cm の無勾配暗渠とすれば、上流端水位  $h=50$  cm、粗度係数  $n=0.012$ 、排水路までの集水渠部分を含めた暗渠延長  $L=105$  m とし、基準 p.140 表-17.2 の式および満流の場合の流量係数  $\alpha=1.97907$  から、流量の大きい畑作利用の場合の  $Q=0.00046 \text{ m}^3/\text{s}$  の排水に必要な吸水管の口径は、

$$d = 2 \times \left( \frac{Q \times n}{I^{0.5} \times \alpha} \right)^{3/8}$$

$$= 2 \times \left( \frac{0.00046 \times 0.012}{\left( \frac{0.50}{105} \right)^{0.5} \times 1.97907} \right)^{3/8} = 0.045 \text{ m}$$

$$= 45 \text{ mm} \dots\dots\dots (5)$$

となり、口径  $d=50$  mm の管を使用すればよい。

### VI. 吸水渠の深さ

吸水渠の深さは浅い方が経済的であり、主な作物の主要根群域の深さが 25~40 cm 程度であることから、暗渠排水管を利用して地下灌漑を行う場合の効率性も

考慮して、通常の作物であれば、基準 p.51 に記載されているように 50 cm 程度の深さでよいと考える。

### VII. 暗渠溝の幅

基準 p.130 に、

$$\text{暗渠溝の幅} > \frac{\text{計画暗渠排水量} \times \text{暗渠間隔}}{\text{疎水材の透水係数}} \dots\dots\dots (\text{基準 式 14.1})$$

と記されている。II. の計算例で、流量の大きい畑作利用の場合、計画暗渠排水量 40 mm/d、暗渠間隔 10 m、疎水材の透水係数を  $1 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$  とすれば、暗渠溝の幅は、

$$\frac{40 \times 10}{1 \times 10^{-2} \times 8,640} = 4.6 \text{ cm} \dots\dots\dots (6)$$

以上確保できれば、作土層から吸水渠までの計画暗渠排水量の排水が確保される。なお、8,640 は単位換算係数である。

### VIII. 疎水材

吸水渠の疎水材として、通常はもみ殻が使われているが、その耐用年数は 10 年以下と言われていることから、耐久性と地域の森林資源の有効利用を考へて木材チップを推奨したい。また、安価に入手できる地域では、カキやホタテの貝殻、空隙の多い火山礫やクリンカアッシュ（石炭火力発電所から出る空隙の多い石炭灰の塊を砂礫状にしたもの）を利用している地域もある。

### IX. おわりに

平成 8 年度に口径 50 mm の無勾配暗渠（シートパイプ工法）の施工に携わって以来、暗渠排水は土中の重力水の動水勾配で水が流れるという考えで無勾配暗渠の施工に取り組んできたことを踏まえて、緩勾配暗渠の考え方を計算例を示して整理してみた。

本報が、水田畑作化のための暗渠排水設計施工の一助となれば幸いである。

### 引用文献

- 1) 農林水産省構造改善局：土地改良事業計画設計基準 計画「暗きょ排水」基準書・技術書、184p. (2000) [2017.2.9.受理]

櫻田 浩二 (正会員)



略 歴

1953年 福島県に生まれる  
 1979年 岩手大学卒業  
 福島県入庁  
 2013年 福島県土地改良事業団体連合会  
 2017年 退任  
 現在に至る