

## 研究開発の概要（パイプラインの浅埋設工法の研究開発）

### 1．研究開発の概要

農業用水の幹線パイプラインには大口径のパイプが用いられるが、現行の設計では地下水位によって浮上しない土被りを確保するため、かなり深い位置に埋設されている。掘削埋戻し土量の低減や工期短縮、また地震時の安全性向上を目的として、パイプラインを浅く埋設するための工法を開発する。

### 2．導入効果

#### 1) 建設コストの縮減

埋設深さを浅くし、施工断面を縮小できるため、仮設資材・建設残土・購入土砂を削減し、施工期間を短縮できる。

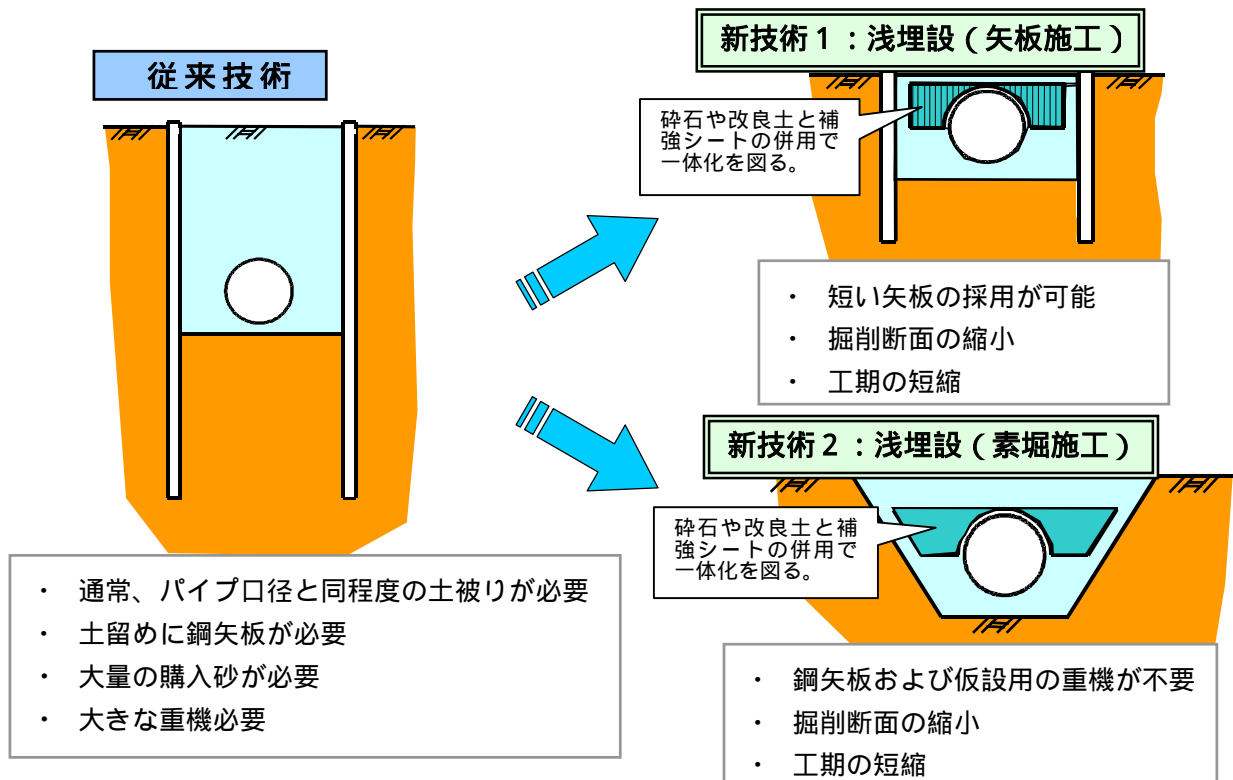
#### 2) 地震時の安全性の向上

パイプラインの埋戻しに用いる砕石は液状化現象に対する抵抗力が大きいので、地震時のパイプの浮上や蛇行などの被害を低減できる。

#### 3) 環境への負荷の軽減

残土処理や良質な埋戻し材料確保などの面で、地球環境への負荷の軽減にも貢献できる。

### 3．従来技術との比較



### 4．参加研究組合

株式会社クボタ、株式会社栗本鐵工所

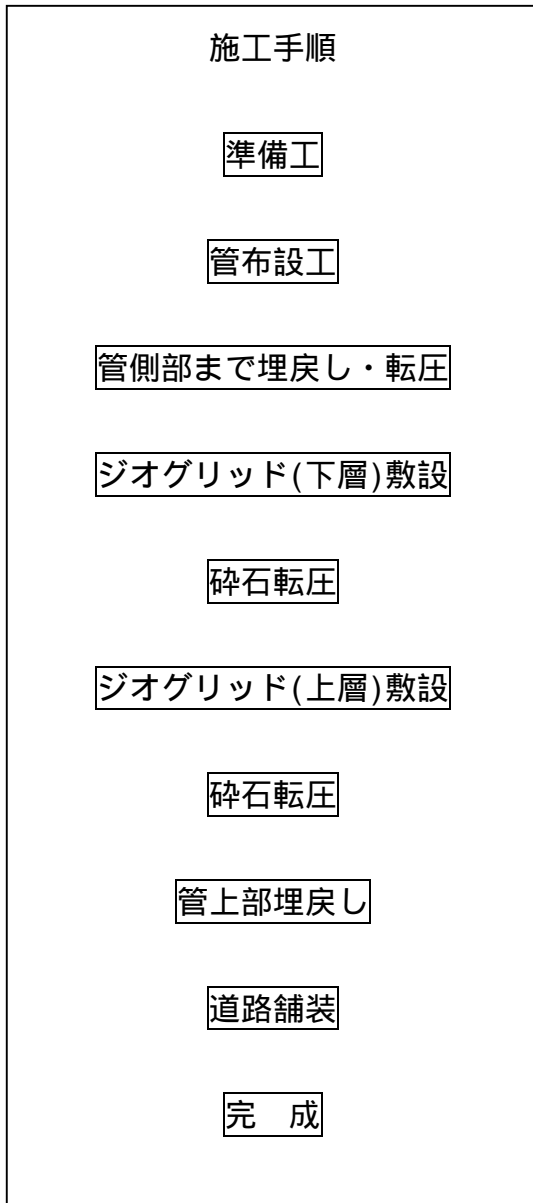
## 新技術の適用地区および状況写真

### 1. 工事概要

新矢作川用水地区岡崎幹線水路岡北バイパス下流部のパイプライン工事は、大口径のFRPM管 2400mm×2連を公共用地を利用して埋設するもので、浮上防止工としてジオグリッドと砕石による工法を採用し、土被り 1.5m の浅埋設を実施している。



## 2. 施工状況



施工前



ジオグリッド(下層)敷設



砕石転圧



ジオグリッド(上層)敷設



砕石転圧



施工後

## [ 設計参考資料 ]

### 1. 浅埋設時の浮上防止の考え方

パイプラインを浅埋設する際には、パイプに作用する浮力とパイプ直上部の土被りによる鉛直荷重の差を、浮上防止対策で新たに確保しなければならない。本工法では、必要となる付加的抵抗力は管側部の埋戻し材料をジオグリッドで包み込んで一体化し、その自重を利用する方法とした。

一体化する領域は、不足する浮上抵抗力に応じてジオグリッドで包み込む領域を適切に定めることで確保する。すなわち図1左に示すパイプ直上部(領域 A)に加えて、図1右のジオグリッドで一体化した部分(領域 B)とその上部にある土塊(領域 C)が浮力に抵抗するものとし、設計上の安全率 1.2 を確保するよう抵抗荷重を設定している。

ただし管側部から両側に張り出した領域 B および C についてはその重量を 100%見込むことはできず、条件により抵抗荷重として寄与する割合を一体化率 F の形で乗じる必要がある。

なお設計時には、管が浮上するとき地盤内に生じるせん断面でのせん断抵抗力(図1に D で表す)は安全側に無視している。

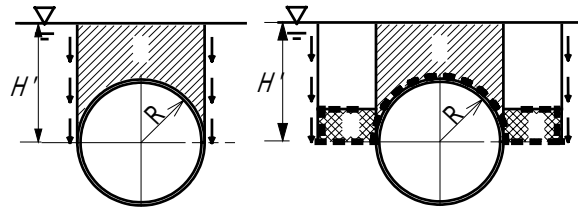


図1 浮上抵抗力の考え方

## 2. ジオグリッドの敷設方法

ジオグリッドを用いて浮上抵抗力を確保する工法について、その方法と効果を以下に示す。

図2 (a)に示すように C2 までの施工が完了した段階で、ジオグリッドを管頂部から被せる。G1, G2 は埋設管の浮力に適切に抵抗できる強度を持つものを選定し十分な幅を持たせることとする。次に図2 (b)のように矢板とジオグリッド G3 との間には碎石や砂を詰めた土嚢を設置しながら C3 の埋め戻しを実施する。この C3 部分は碎石などの地盤支持力の高い材料を選定し十分締め固めることとする。この部分にソイルセメントや固化材を添加した流動化処理材料を用いることも大きな効果を発揮する。ジオグリッドと矢板との間の土嚢は矢板を引き抜いたときにジオグリッドが切断されるのを防止する役目を果たすと同時に、矢板の引き抜き跡の空隙に C3 の埋め戻し材料が流動することを防止する効果を持っている。これによって矢板引き抜き時にパイプが水平方向に大きく変形する現象を抑制することができる。次に管頂よりも少し低い位置まで埋め戻した段階で図2 (c)のようにジオグリッド G4 をパイプの上部を覆うように設置し G3 と結束する。さらに上部 C4 の埋め戻しを行う。

ジオグリッドで包み込まれた C3 部分は浮上に対してパイプラインと一体的な挙動を示し、また地上の路面荷重に対しては大きな支持力を発揮してパイプの変形を防止する。

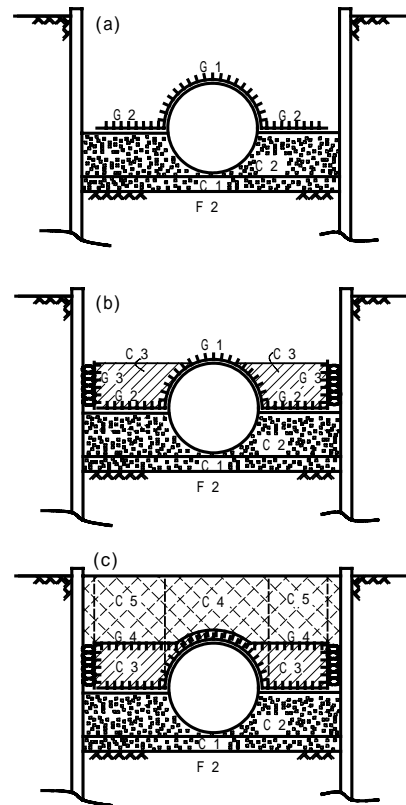


図2 施工方法

### 3. 浅埋設工法の設計計算例

#### 3.1 通常の埋設条件での浮上に対する計算

##### 1) 設計条件

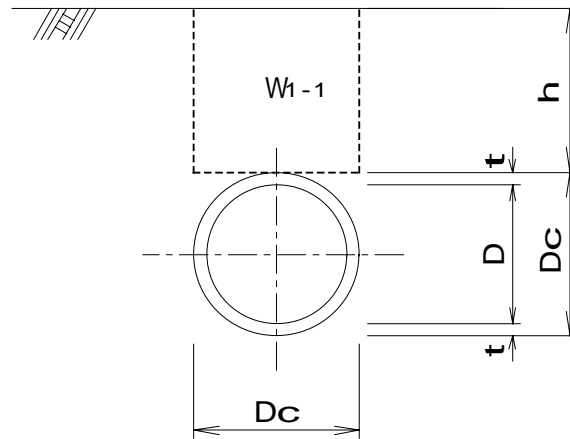


図3.1 設計断面

地下水位：地表面まで地下水位がある場合

設計土被り：  $h = 1.00$  (m)

管種：強化プラスチック複合管

管の外径：  $D_c = 2.080$  (m)

管の内径：  $D = 2.000$  (m)

安全率：  $S = 1.2$

管体の単位体積重量：  $\gamma_p = 19.6$  (kN/m<sup>3</sup>)

水の単位体積重量：  $W_o = 9.8$  (kN/m<sup>3</sup>)

埋戻し土(砂)の飽和単位体積重量：  $W_s = 20.0$  (kN/m<sup>3</sup>)

## 2) 抵抗力の計算

通常の埋設条件の場合，浮上に対する抵抗力として見込める荷重は図3.1に示す $W_{1-1}$ と管自重である。

### a) 鉛直荷重

$$\begin{aligned}W_{1-1} &= D_c \times h \times (W_s - W_o) \\ &= 2.080 \times 1.00 \times (20.0 - 9.8) = 21.216 \text{ (kN/m)}\end{aligned}$$

### b) 管自重

$$\begin{aligned}W_p &= \pi / 4 \times (D_c^2 - D^2) \times \gamma p \\ &= \pi / 4 \times (2.080^2 - 2.000^2) \times 19.6 = 5.025 \text{ (kN/m)}\end{aligned}$$

### c) 抵抗力

$$\begin{aligned}\Sigma W &= W_{1-1} + W_p \\ &= 21.216 + 5.025 = 26.241 \text{ (kN/m)}\end{aligned}$$

## (1) 浮力の計算

$$\begin{aligned}U &= \pi / 4 \times D_c^2 \times W_o \\ &= \pi / 4 \times 2.080^2 \times 9.8 = 33.300 \text{ (kN/m)}\end{aligned}$$

## (2) 浮上に対する安全性

$$\begin{aligned}S &= \Sigma W / U > 1.2 \\ &= 26.241 \div 33.300 = 0.788 < 1.2 \quad - \text{NG} -\end{aligned}$$

以上より，土被り $h=1.0\text{m}$ では管の浮上に対して危険である。

従って，土被りを深くするか，ジオグリッドによる浮上防止対策を行う必要がある。

### 3.2 浅埋設工法を用いた場合の浮上に対する計算

#### 3.2.1 浮上防止に対する安全性の検討

##### 1) 設計条件

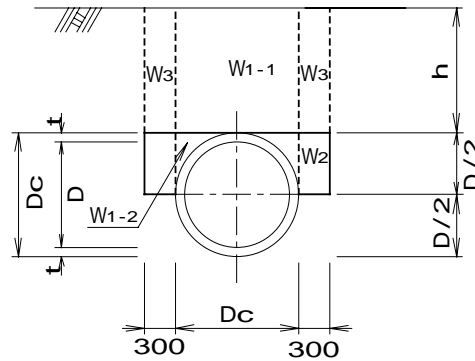


図 3 . 2 設計断面

地下水位： 地表面まで地下水位がある場合

設計土被り：  $h = 1.00$  (m)

管種： 強化プラスチック複合管

管の外径：  $D_c = 2.080$  (m)

管の内径：  $D = 2.000$  (m)

基礎の張出：  $B = 0.30$  (m) ジオグリッドによる対策

安全率：  $S = 1.2$

管体の単位体積重量：  $\gamma_p = 19.6$  (kN/m<sup>3</sup>)

水の単位体積重量：  $W_o = 9.8$  (kN/m<sup>3</sup>)

埋戻し土（砂）の飽和単位体積重量：  $W_s = 20.0$  (kN/m<sup>3</sup>)

埋戻し土（砕石）の飽和単位体積重量：  $W_g = 21.0$  (kN/m<sup>3</sup>)

##### 2) 抵抗力の計算

浮上に対する抵抗力として見込める荷重は図 3 . 2 に示す  $W_{1-1}$  ,  $W_{1-2}$  ,  $W_2$  ,  $W_3$  と管自重である。このうち、 $W_{1-1}$  ,  $W_3$  は砂による埋戻し、 $W_{1-2}$  ,  $W_2$  は砕石基礎とする。

###### a) 鉛直荷重

$$\begin{aligned} W_{1-1} &= D_c \times h \times (W_s - W_o) \\ &= 2.080 \times 1.00 \times (20.0 - 9.8) = 21.216 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{1-2} &= \left( D_c \times D_c / 2 - \pi / 4 \times D_c^2 \times 1/2 \right) \times (W_g - W_o) \\ &= \left( 2.080 \times 2.080 / 2 - \pi / 4 \times 2.080^2 \times 1/2 \right) \times (21.0 - 9.8) = 5.199 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_2 &= 2B \times D_c / 2 \times (W_g - W_o) \\ &= 2 \times 0.30 \times 2.080 / 2 \times (21.0 - 9.8) = 6.989 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 W_3 &= 2B \times h \times (W_s - W_o) \\
 &= 2 \times 0.30 \times 1.00 \times (20.0 - 9.8) = 6.120 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

b) 管自重

$$\begin{aligned}
 W_p &= \pi / 4 \times (D_c^2 - D^2) \times \gamma p \\
 &= \pi / 4 \times (2.080^2 - 2.000^2) \times 19.6 = 5.025 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

c) 抵抗力

抵抗力の算定にあたり、 $W_2$ 、 $W_3$  については条件によって抵抗力として寄与する割合を定める必要がある。

ここでは、新矢作川用水で採用した考え方を例に示す。ジオグリッドで包み込まれた  $W_2$  は 100% 考慮し、その上部の  $W_3$  はその 50% を考慮することとした。

$$\begin{aligned}
 \Sigma W &= W_{1-1} + W_{1-2} + W_2 + W_3 \times 0.5 + W_p \\
 &= 21.216 + 5.199 + 6.989 + 6.120 \times 0.5 + 5.025 = 41.489 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

(1) 浮力の計算

$$\begin{aligned}
 U &= \pi / 4 \times D_c^2 \times W_o \\
 &= \pi / 4 \times 2.080^2 \times 9.8 = 33.300 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

(2) 浮上に対する安全性

$$\begin{aligned}
 S &= \Sigma W / U > 1.2 \\
 &= 41.489 \div 33.300 = 1.24 > 1.2 \quad - \text{OK} -
 \end{aligned}$$

したがって、浅埋設工法によるパイプラインは安全である。

### 3.2.2 ジオグリッドの選定

1) 設計条件

先の計算結果より、以下のとおりである。

浮力  $U = 33.300 \text{ (kN/m)}$

抵抗力  $\Sigma W = W_{1-1} + W_{1-2} + W_p$  (抵抗力は、管直上にかかる荷重と管自重とする)

$$= 21.216 + 5.199 + 5.025 = 31.44 \text{ (kN/m)}$$

2) ジオグリッドが必要とする設計引張強度

$$\begin{aligned}
 T &= (S \cdot U - W) / 2 \\
 &= (1.2 \times 33.30 - 31.44) \div 2 = 4.26 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

したがって、ジオグリッドはクリープを考慮した引張強度が 4.26 kN/m 以上の製品を採用する。