

パイプラインの浅埋設工法

—ジオテキスタイルによる地中構造物の浅埋設工法—

設計・施工・積算指針(案)

農林水産省官民連携新技術研究開発事業

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所

社団法人 農業農村整備情報総合センター

はじめに

官民連携新技術研究開発事業は、近年の公共事業の効率化への強い要請や公共事業の品質確保のため、事業現場において一層の事業費の低コスト化、管理コストの低減等に資する技術の開発を平成9年度から官民の密接な連携の下に実施してきているところです。

平成18年度末現在までに開発を了した技術は36件あり、当該技術を採用した事業現場においては、コスト縮減等効率的な事業執行に貢献してきているところです。

一方、新技術を採用する場合における「設計の考え方」、「歩掛」、「施工管理の行い方」等が明確でないこと、新技術に関する情報の不足により、事業現場において作業負担の増という状況もあります。

このため、これら諸問題を解消し、更なる新技術の普及・啓発を図るため、開発された技術の設計・施工・積算にかかるデータを収集・分析し、技術指針の作成を行い、国、県、民間企業等へ幅広く開発された新技術の情報提供等を行うことにより、農業農村整備事業の一層効率的な推進に資することを目的として、本書を作成しました。

作成にあたっては、農林水産省農村振興局整備部設計課施工企画調整室、並びに東海農政局土地改良技術事務所、新技術研究開発組合の関係の皆様にご多大なご指導・ご協力を賜わり感謝を申し上げます。

平成19年3月

社団法人 農業農村整備情報総合センター

目次

【総論】

1 総論	6
1.1 マニュアルの位置づけ	7
1.2 適用範囲	8
1.3 工法の特徴および構成	9

【設計編】

2 設計	12
2.1 検討手順と内容	12
2.2 埋設深	13
2.3 浮上防止の対策工法	14
2.4 一体化範囲内の材料	15
2.5 一体化範囲の張出幅	15
2.6 一体化範囲の高さ	16
2.7 一体化率	17
2.8 管体の構造計算諸元	19
2.9 浮上防止（埋設深）の検討方法	22
2.10 ジオテキスタイル	25
2.11 ジオテキスタイルの選定方法	33
3 計算例	41
3.1 通常の埋設工法（管上部の鉛直荷重のみを考慮する場合）の計算	41
3.2 浅埋設工法（管側部に一体化範囲を設ける場合）の計算	43
4 参考文献	48
5 参考資料	49
5.1 浮上防止のための必要最小土被り	49
5.2 ジオテキスタイルの規格	52

【施工編】

6 施工	54
6.1 浅埋設工法の施工手順	54
6.2 施工事例	62
参考資料 1 固化処理土の利用	67
参考資料 2 浅埋設工法の耐震性能について	71

【積算編】

7 積算	74
------	----



【総論】



1 総論

「パイプラインの浅埋設工法」設計・施工指針は、パイプラインを浅い土被り位置に埋設するための設計・施工方法を記載したものである。

本浅埋設工法は、ジオテキスタイルで地盤と構造物を一体化することによって浮上抵抗力を高めるもので、本指針ではジオテキスタイルによる地盤の一体化の効果や材料選定について記述している。

指針の運用に当たっては、土地改良事業計画設計基準「パイプライン」に示されているパイプラインの構造設計を参考にし、浅埋設工法の特徴を十分理解して設計・施工を行うことが重要である。

地中構造物に本工法を適用した場合、埋戻地盤の液状化を防止することができるため、地震時の構造物の変形や浮上を抑制する効果がある。

詳細な耐震化に関する設計指針の策定については今後の成果に委ねられるが、地中構造物の耐震化対策としての利用価値も高いので、浅埋設化に伴う経済性だけでなく付加価値としての耐震性向上についても見込むことが可能である。

本工法は、官民連携新技術研究開発事業（農林水産省農村振興局）における、（独）農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所と新技術研究開発組合（（株）クボタ、（株）栗本鐵工所（現：栗本化成工業（株））が研究開発したものである。

実証試験については、ジオグリッドメーカーの三井化学産資（株）、前田工織（株）、三菱化学産資（株）の3社の協力を得た。

※本工法は、次の特許に登録されている。

特許第 3314191 号 「ジオテキスタイルによる地中構造物の浅埋設工法」（特許権者：独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所）

特許第 3995166 号 「ジオテキスタイルによる地中構造物の浅埋設工法」（特許権者：独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所）

特許第 2007-114378 号 「ジオテキスタイルによる地中構造物の浅埋設工法」（特許権者：独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所）

特許第 2007-170678 号 「ジオテキスタイルによる地中構造物の浅埋設工法」（特許権者：独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所）

※本工法は、次の新技術データベースに登録されている。

農業農村整備新技術データベース

<参考> 社団法人農業農村整備情報総合センター ARIC Web サイト http://www.nn-newtech.jp/ndb_web/top.do

※今回、社団法人農業農村整備情報総合センターが発行する本指針は、農林水産省が農業農村整備事業を効率的に推進するため、新技術啓発普及の一環として行うものである。

※積算に当たっては、本指針巻末の「管水路浅埋設工（ジオグリッド）施工歩掛」を参照し、工法の目的と特性を十分に理解の上、行うこと。

※本指針の設計・施工に関する内容および特許の許諾手続き、特許料については、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所まで照会ください。

1.1 マニュアルの位置づけ

本マニュアルは、大口径のパイプラインを地下水位が高いところに浅く埋設するための設計方法を示したものである。

[解説]

地中に埋設されるパイプラインや付帯構造物は、土圧や路面荷重などの外力の作用によって、その安全性は埋戻し材料との相互作用の影響を強く受けている。路面荷重による付加的な鉛直土圧の集中を避けるためには、ある程度の土被りをパイプラインの上部に確保して、構造的に最適な埋設深を決定することが不可欠である。

さらに、地下水位の高いところでは大きな浮力に抵抗するため、所定の鉛直土圧を確保できる深さに管を埋設する必要がある。特に、大口径パイプラインにおいては浮上を防止するために埋設深が大きくなり、活荷重の軽減のために要求される埋設深よりも深くなるのが一般的である。このような土被り荷重による管の浮上防止方法では、口径相当分の土被りが要求され、大規模な工事を伴うものとなるが、管の側部や管底部分に浮上反力を確保することができれば、パイプラインの埋設深を浅くすることが可能となる。

近年では、既設幹線開水路の老朽化や水管理の効率化から、開水路のパイプライン化が進展してきているが、水理的制約や既存施設の問題から、埋設深を浅く保たなければならない場合も生じてきている。また、浅く埋設することは本体工事のみならず、付帯工を含めると大幅なコスト縮減となる。

本マニュアルは、これらの課題を解決するために実施した研究開発の成果ならびに実証的な施工事例をもとに、パイプラインを浅く埋設するための設計方法を示したものである。

1.2 適用範囲

本マニュアルは、農業用パイプラインにおいて浅埋設工法を採用し、地下水位による浮上防止対策を図る場合の設計に適用する。

〔解説〕

農業用パイプラインとは既製管を埋設して構成する管路によって、農業用水を送配水する水路組織であり、管路とその付帯施設から構成される。

したがって、既製管以外のもの及び農業用水以外の水利用目的で設置されるものについては適用外とする。

浅埋設工法では、地下水位による浮上を防止できる断面構造を検討し、土被りを決定する。また、地震時の設計は本マニュアルでは行わない。地震時の検討は、別途行うこととする。

なお、本マニュアルで決定された土被りは、その他の設計条件と合わせて土地改良事業計画設計基準「パイプライン」に準じた構造計算を行い、安全で経済的なパイプラインとする必要がある。

1.3 工法の特徴および構成

パイプラインの浅埋設工法は、管側部の埋戻し材料とパイプをジオテキスタイルで一体化させ、浮上に対する抵抗力の増大を図るものである。

[解説]

浅埋設工法の適用される管路の断面模式図は図 1.1 のとおりであり、その構成と内容について示す。

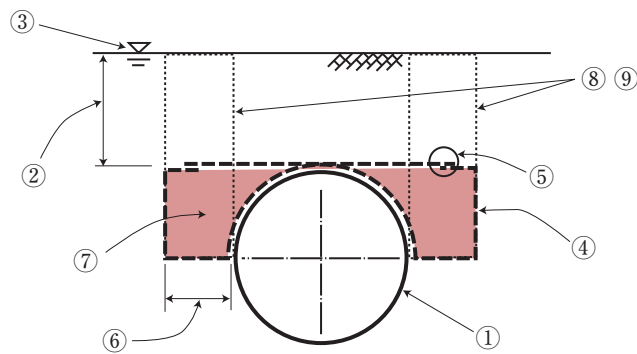


図 1.1 浅埋設工法の構成

- ①パイプライン：浅埋設工法の対象となる管路。浮上に対しては管内空虚時を想定して検討する。
- ②土被り：地下水位以下の土の重量は、水中重量（飽和単位体積重量－水の単位体積重量）を用いる。
- ③地下水位：現場条件に応じて設定する。本マニュアルでは地表面まで飽和している場合を考える。
- ④ジオテキスタイル：パイプに沿わせて敷設し、管側部で両側に伸ばし管頂部まで立ち上げ、接合位置まで敷設する。
- ⑤ジオテキスタイルの接合部：管頂高さまで立ち上げたジオテキスタイルを接合する必要がある。管頂部を避けて適切な方法で接合する。
- ⑥張出幅：管側部から張り出したジオテキスタイルの幅。
- ⑦一体化範囲：ジオテキスタイルで埋戻し材料を包み込み、パイプと一体化した範囲。
- ⑧一体化率：管の浮上に対する抵抗荷重として見込むことができる割合
- ⑨一体化率の適用範囲：管の側方およびその上部の土塊。一体化率を乗じて抵抗荷重を求める。通常の埋設時に考慮する管直上部の土荷重および管自重と合算して浮上抵抗力とする。



【設計編】



2 設 計

2.1 検討手順と内容

パイプラインの浅埋設工法の設計においては、浮上に対して安全な埋設深を定めるため、抵抗力を確保する一体化の範囲と、使用するジオテキスタイルの検討を行う。

[解説]

管の浮上に対する抵抗力は、管直上部の埋戻し土による鉛直荷重で所定の安全率が得られる土被りの確保を基本とするが、コスト縮減、あるいは水理的な要因等でより浅い位置に埋設する場合には、管側部にジオテキスタイルによる一体化範囲を設定して浮上抵抗力を得る。

浅埋設工法の設計の手順を図 2.1 に示す。

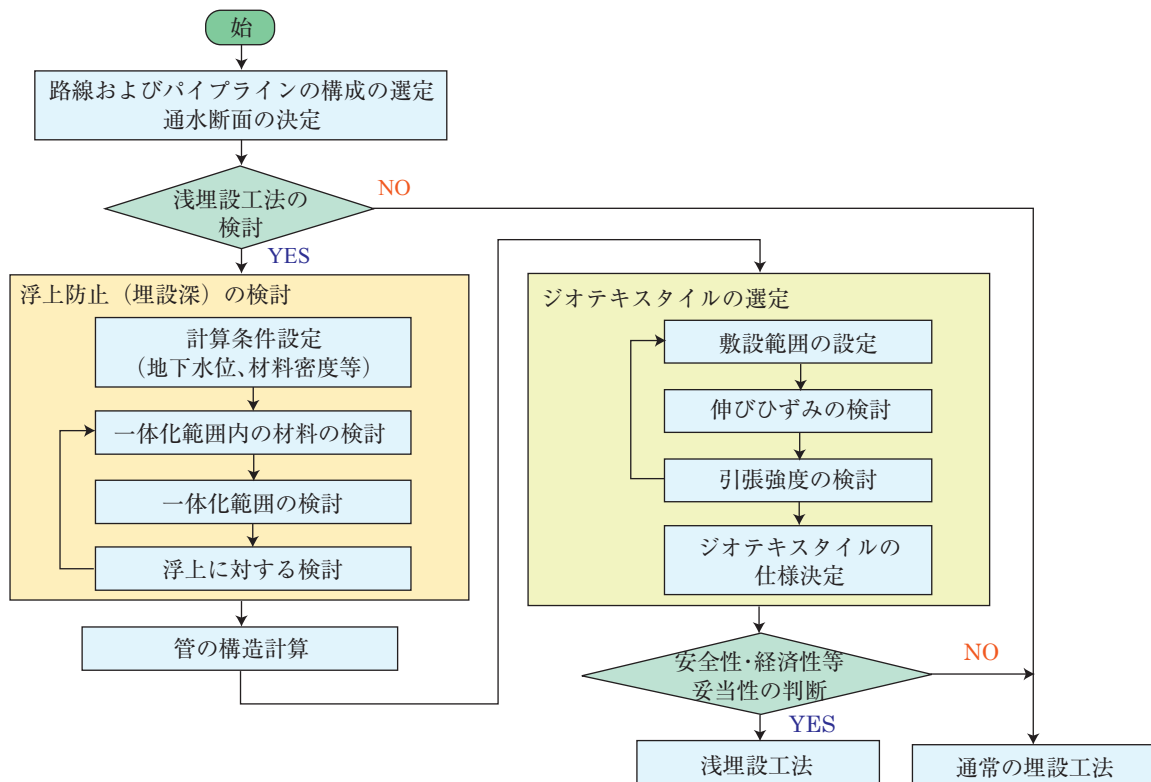


図 2.1 浅埋設工法の検討手順

検討の内容は、パイプライン形式の通水施設における一般的な設計に加えて、管側部に抵抗荷重を得るための一体化範囲の検討と、使用するジオテキスタイルの選定を行う。

なお浅埋設工法の採用の可否は、現場条件、施工性、経済性等の検討を行って決定する。

2.2 埋設深

埋設深は活荷重と鉛直土圧及び浮上防止を考慮して、安全で経済的な土被りとする。

[解説]

埋設深とは、管頂から埋戻し土の表面までの深さであり、耕うん作業との関係、管路が横断する施設等の状況、地盤の状態、地表面の利用状況および地下水等を考慮して決定する。一般に管を用いた通水施設の最小土被りの標準値は、次のとおりである。

① 道路下埋設

道路下に埋設する場合は、道路管理者と協議の上決定するが、公道及び道路構造令に準拠する農道下では1.2 m以上、道路構造令に準拠しない農道下では1.0 m以上とするのが一般的である。

② 軌道下埋設

軌道下に埋設する場合は、軌道管理者と協議の上決定する。

③ 河川下埋設

河川下に埋設する場合は、河川管理者と協議して決定するが、河川構造令では河床（現況又は計画河床）から2.0 m以上となっている。その他の場合については現場条件等から決定する。

④ 耕地下埋設

耕地下に埋設する場合の埋設深は、0.6 m以上+耕土深を標準とする。耕土深は耕作状況、管の布設状況等を考慮して決定する。

⑤ 山林下埋設

山林下に埋設する場合の埋設深は、0.6 m以上を標準とする。

⑥ 寒冷地における埋設

寒冷地における埋設深は、凍結深以上を標準とする。

⑦ 浮上のおそれがある場合の埋設

地下水位が高く管路が浮上する恐れがある場合は、管体空虚時に管路が浮上しない深さとする。なお、被圧地下水が予想される場所は、排水対策と合わせて検討するものとする。

本マニュアルでは、上記の⑦によって決定された埋設深が①～⑥によるものよりも大きい場合について、これを低減するための設計方法を示す。

2.3 浮上防止の対策工法

管直上部の鉛直荷重だけでは浮上に対する抵抗力が不足する場合は、管の側部に抵抗力を確保する。

[解説]

管直上部の鉛直荷重で浮上に抵抗させることが経済性および水理的制約等で不都合である場合には、パイプを浅い位置に埋設することが有効である。このために管側部の埋戻し土をジオテキスタイルで包み込むことで管と一体化させ、浮上に対する抵抗力の増大を図る。

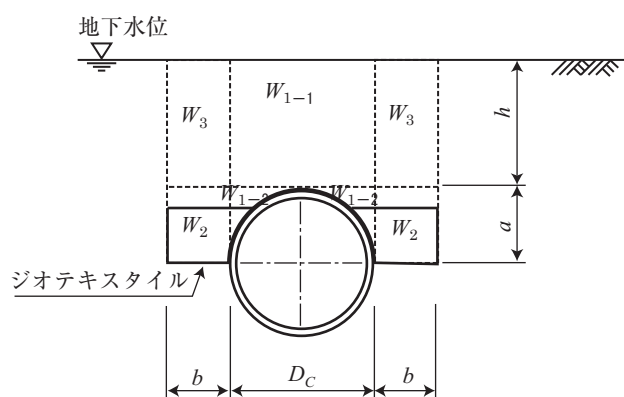


図 2.2 埋戻し材料のジオテキスタイルによる一体化

図 2.2 における各記号の意味は、以下のとおりである。

- D_c : 管外径
- h : 土被り
- W_{1-1} : 管直上部の鉛直荷重 (一体化範囲の上部)
- W_{1-2} : 管直上部の鉛直荷重 (一体化範囲内)
- W_2 : 管側部の抵抗荷重 (一体化範囲内)
- W_3 : 管側部の抵抗荷重 (一体化範囲の上部)
- a : 一体化範囲の高さ (通常は図 2.2 のように $D_c / 2$)
- b : 一体化範囲の張出幅

2.4 一体化範囲内の材料

一体化範囲内の材料は，碎石およびソイルセメントを原則とする。

[解説]

一体化範囲内の材料は，粒度調整碎石やクラッシャーランなどの礫材を用いる。ただし，再生碎石を用いることも可能である。現地で発生する礫質土についても，粒度調整碎石やクラッシャーランなどと同等以上の品質を確保できる場合には，採用することができる。

ソイルセメントについては目標とする一軸圧縮強度を 0.2 MPa とし，過去の実験では砂の乾燥重量に対するセメントの重量比が 8 % 程度の材料を使用している。

また，鋼管に碎石を使用する場合は，外面塗装への影響を考慮した，塗装仕様を検討する必要がある。

2.5 一体化範囲の張出幅

一体化範囲の張出幅は，浮上に対して安全な抵抗荷重が得られる寸法とし，施工性に配慮して決定する。

[解説]

設計における一体化範囲の張出幅は，0.3 m 以上を標準とする。

ソイルセメントの場合は，実証試験の結果から 0.5 m 程度とする。

また，実際の張出幅については掘削断面（ ϕ 1000 ～ ϕ 3000）において片側の溝の余裕幅が 0.6 m ～ 0.75 m である。従って，施工性および反力係数の設定に配慮し，掘削断面での幅に合わせる事が望ましい。

特に矢板施工の場合には，矢板の引抜き時にジオテキスタイルが変形や破損する恐れがあるため，ジオテキスタイルと矢板とは直接接触しないようにすることが必要である。

具体的な対策としては，図 2.3 のようにジオテキスタイルと矢板との間に土のうや不織布，合板などを設置すると良い。また，矢板とこれらの対策工法の間隙間ができるが，この隙間部分にも必ず基礎材を充填することとする。

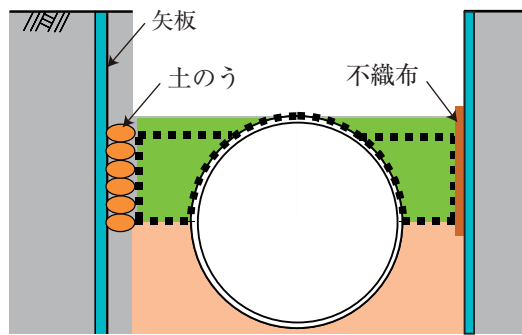


図 2.3 ジオテキスタイル損傷防護方法

2.6 一体化範囲の高さ

一体化範囲の高さは、砕石、ソイルセメントともに管頂から基礎の施工支持角までの範囲内で設定する。なお基礎の施工支持角は 120 度以上が望ましい。

[解説]

一体化範囲の高さは、一般に図 2.4 のように管頂からスプリングラインまで ($0.5 D_c$) が採用されている。

一体化範囲の高さをスプリングラインより下まで拡大すると、その分、浮上に対する抵抗力は増加するが、管下の鋭角部分の埋戻しが困難になるため、基礎の施工支持角 (120 度) までの範囲内で適切に設定することとした。

また、ソイルセメントを用いる場合も、均等な基礎反力および水平土圧が得られるよう、同様の範囲とした。

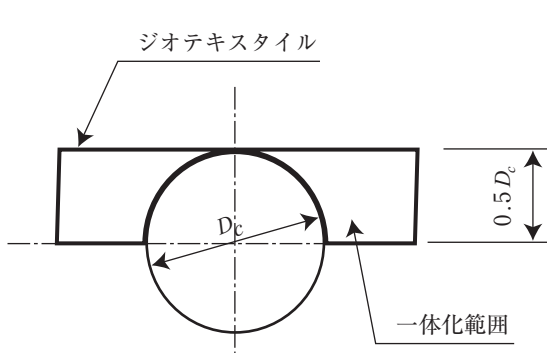


図 2.4 一般的な一体化範囲

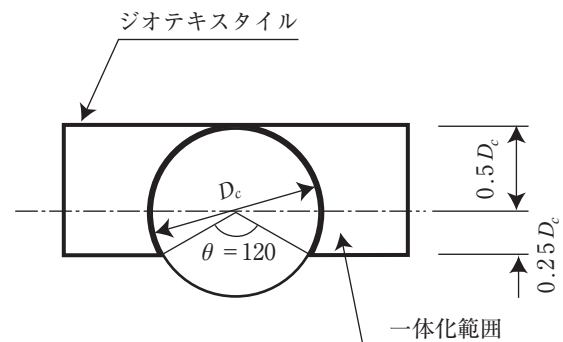


図 2.5 一体化の最大設定範囲

2.7 一体化率

一体化率は、一体化範囲の張出幅、高さおよび土被りをもとに算定する。

[解説]

一体化率とは、ジオテキスタイルで包み込んだ管側部の土荷重 (W_2) およびその上部の土荷重 (W_3) について、浮上に対する抵抗荷重として見込める割合を示す値である。

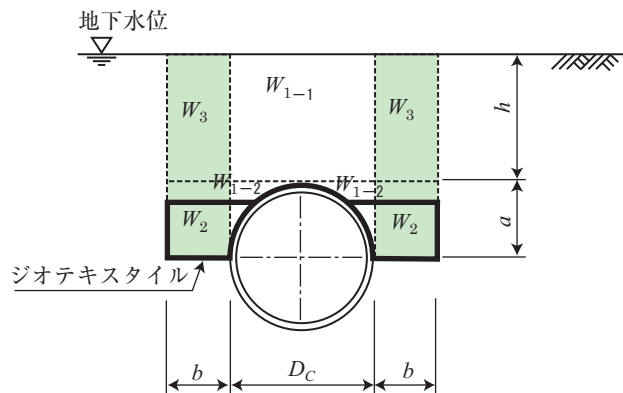


図 2.6 一体化率を考慮する対象範囲

一体化率 (F) は、種々の条件で実施した室内実験結果および現地実証試験結果をもとに、一体化範囲の高さ (a) と土被り (h) の和と、張出幅 (b) との比 (W_2 および W_3 の縦横比) を指標として、(式 2.1) により求める。

$$F = 0.2 \cdot \frac{a + h}{b} + 0.1 \dots\dots\dots (式 2.1)$$

ただし、呼び径 1000 以下のとき、 $F \leq 1.0$

呼び径 2000 以下のとき、 $F \leq 0.9$

呼び径 3000 以下のとき、 $F \leq 0.8$

毛利らの確認実験^{1), 3), 5)} は、文献ごとに試験条件が異なっているが、全てのデータを $(a+h) / b$ を指標としてプロットすると図 2.7 のとおりである。

図中の折れ線は (式 2.1) を示しており、実験結果を上回らない範囲を表す算式とした。

また、口径別の上限值については、過去の設計実例等も参考として設定した。

なお (式 2.1) は、一体化範囲内の材料が碎石の場合の値である。

ソイルセメントについてはデータが少なく張出幅が 0.5 m の実験及び張出幅 1.0 m とした実施工が実施されているが、一体化率は碎石の場合よりも大きな値が得られている。現時点では張出幅 0.5 m までを考慮し、一体化率は 1.0 とする。

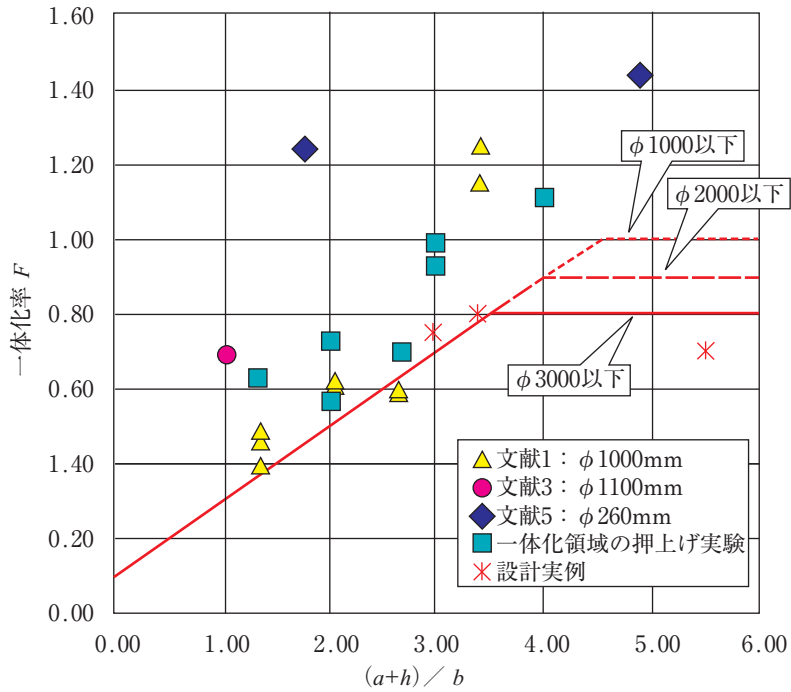


図 2.7 一体化率 F と抵抗荷重領域の縦横比 $(a+h) / b$ の関係

浅埋設工法の適用される事例を考えると、口径に関係なく、実際に施工される土被り (h) は一定範囲の値 (1.2 m から 1.5 m 程度) と考えられる。また矢板施工を想定すると、張出幅 (b) も一定範囲の値 (0.5 m から 0.8 m 程度) が一般的と考えられる。抵抗荷重領域の縦横比 $(a+h) / b$ を試算すると、口径 1000 mm で 2 ~ 4, 口径 2000 mm で 2.7 ~ 5, 口径 3000 mm では 3.4 ~ 6 程度となる。

したがって (式 2.1) を用いると、口径 2000 mm を超える大口径管の一体化率は、おおむね $F = 0.7 \sim 0.8$ となる。

また、2 連配置の場合の一体化率 F は、図 2.8 に示すように、パイプ間およびパイプ直上は $F=1.0$ とし、パイプの外側においては、(式 2.1) より求める。

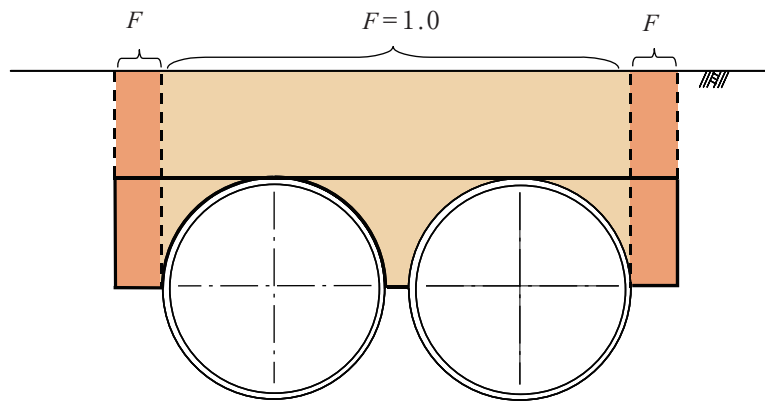


図 2.8 2 連配置の場合の一体化率

2.8 管体の構造計算諸元

浮上防止対策を行う場合、管体の構造計算諸元は以下の項目について留意し、決定する必要がある。

[解説]

本マニュアルの対象とする浅埋設工法の構造計算は、「設計基準・パイプライン」pp. 255～364 に準じて一般のパイプラインと全く同様に行う。

ただし、ジオテキスタイルによる一体化範囲を設けることに伴い、配慮を必要とする設計諸元を下記に示す。

2.8.1 設計支持角

浮上防止としてジオテキスタイルを設ける場合、管頂からスプリングラインまでの埋戻し材料を一体化させ、その材料は砕石またはソイルセメントとしている。

設計支持角は、スプリングライン以下の埋戻し材料により決定されるため、スプリングライン以下で使用した材料の値を用いる。

この際、設計支持角は表 2.1（「設計基準・パイプライン」p. 284 表 - 9.4.3）を標準とする。なお、とう性管の基礎材としては管底から管頂までを同一の材料とすることが望ましいため、基礎材料の選定については施工性、管体強度についても留意し決定する必要がある。

表 2.1 締固めた土基礎の設計支持角（°）

土質分類		管種	不とう性管		とう性管
		施工支持角	120 以上	180 以上	360
礫質土	G, GS		90	90	120
	GF		90	90	90
砂質土	S, SG のうち小分類において SW, SW - G, SGW		90	120	120
	S, SG のうち小分類において SP, SP - G, SGP		90	90	90
	その他の S, SG, SF		60	60	60

注 1：設計支持角は管体が基礎上に布設された状態において確実に均等な反力分布が期待できる範囲とし、基礎材として適当と判定された材料について、土質試験による分類に応じこの表の値を使用する。

2：とう性管の基礎材は、管底部の反力とともに管側部の反力にも有効に働かなくてはならない。スパンゲラーによれば、その反力は管底から管頂までの埋戻し材（基礎材）の施工状態に支配されるとしている。この意味から、従来は基礎部、埋戻し部と区分していたものを管底から管頂まで同一の基礎材で埋め戻すものとする（施工支持角は 360° となる）。

3：φ 300mm 以下の小口径管において基礎材料に ML, CL を使用する場合の設計支持角は、不とう性管 30°、とう性管 60° とする。ただし、この場合でも管底部より下の基礎材料は礫質土、砂質土を使用する。

2.8.2 設計たわみ率

設計たわみ率についても、スプリングライン以下の埋戻し材料により決定されるため、スプリングライン以下で使用した材料の値を用いる。

設計たわみ率は表 2.2（「設計基準・パイプライン」 p. 291 表 -9.4.6）を標準とする。

表 2.2 設計たわみ率の標準

締固めの程度	締固め I	締固め II
許容たわみ率 (%)	5	5
たわみ率のバラツキ (%)	± 2 (± 1)	± 1
設計たわみ率 (%)	3 (4)	4

注 1：締固めの程度は次のとおりとする。

締固め I ……締固め度 90% 平均（一定の仕様を定めて管理する締固め）

締固め II ……締固め度 95% 平均（厳密な施工管理のもとで行う締固め）

管理精度 ……施工上のバラツキ具合は ± 5% 以内とする。

2：（ ）内は基礎材料に礫質土を使用した場合の値を示す。

2.8.3 変形遅れ係数

変形遅れ係数についても、スプリングライン以下の埋戻し材料により決定されるため、スプリングライン以下で使用した材料の値を用いる。

変形遅れ係数は表 2.3（「設計基準・パイプライン」 p. 292 表 -9.4.9）を標準とし決定する。

表 2.3 変形遅れ係数 F_1 の標準値

基礎材料現地盤の土質	砂質土	礫質土
礫質土	1.0	1.0
砂質土	1.1	1.0
粘性土	1.3	1.2
その他	1.5 以上	1.5

注 1：現地盤の支持強さなどの土質条件，地下水位の変動状況に応じて，± 0.2 程度の範囲を考慮する。

2：いかなる場合も $F_1 \geq 1.0$ とする

3：変形遅れ係数のもととなる管のたわみ量は埋設完了後 3 ヶ月目までに大半が進行することから，埋設完了後 3 ヶ月以降の変形遅れを対象にする。なお，矢板引抜きの変形への影響は引抜き後 1 ヶ月程度で解消するので，現地盤の土質区分別に本表を標準とする。

4：口径 300 mm 以下の場合は， $F_1 = 1.0$ を標準とする。

2.8.4 反力係数

反力係数についても、スプリングライン以下の埋戻し材料により決定されるため、スプリングライン以下で使用した材料の値を用いる。また、基礎材の締固め度合いによる補正係数 α_b についても同様とする。

基準反力係数は表 2.4（「設計基準・パイプライン」 p. 294 表 -9. 4. 11）を、基礎材の締固め度合いによる補正係数 α_b は、表 2.5（「設計基準・パイプライン」 p. 295 表 -9. 4. 13）を標準とする。

表 2.4 基準反力係数 e' (kN/m²)

現地盤の土質	施工方法		矢板施工		素掘り施工	
	基礎材料		砂質土	礫質土	砂質土	礫質土
礫質土			3,500	5,000	4,500	6,000
砂質土			3,000	4,000	4,000	5,500
粘性土			2,500	3,500	3,000	4,000
その他			1,000	1,500	1,500	2,000

注 1：管側部における現地盤区分が 2 層以上となる場合は、管心レベルに占める割合により判定する。

2：その他の地盤とは、高有機質土や N 値が 0 程度の極めて軟弱な膨潤するような地盤をいう。

3：岩盤は礫質土を参照する。

4：簡易土留工法は素掘り施工と同等とする。

表 2.5 締固め度合いによる補正係数 α_b

区分	締固め度	
	I	II
砂質土	1.0	1.2
礫質土	1.0	1.1

締固め度は、表 2.2 注：を参照のこと。

なお、ソイルセメントを基礎材料に使用する場合は、 $e' = 7,000 \text{ kN/m}^2$ を用いてよい。この場合セメントの配合は乾燥重量比で砂の 7～12% ($q_u = 2 \sim 5 \text{ kg/cm}^2$) とする。

2.9 浮上防止（埋設深）の検討方法

浮上防止（埋設深）の検討は，土被りや地下水位等の設計条件に対して，管側部に設ける一体化範囲の寸法と一体化率とを求め，所定の安全率が確保できる断面を決定する。

〔解説〕

以下では，通常の埋設工法（管直上部の鉛直荷重のみを考慮する場合）と浅埋設工法（管側部に一体化範囲を設ける場合）とについて計算方法を示す。

2.9.1 通常の埋設工法（管直上部の鉛直荷重のみを考慮する場合）

地下水位が地表面まである場合を考え，「設計基準・パイプライン」に準じて求める。

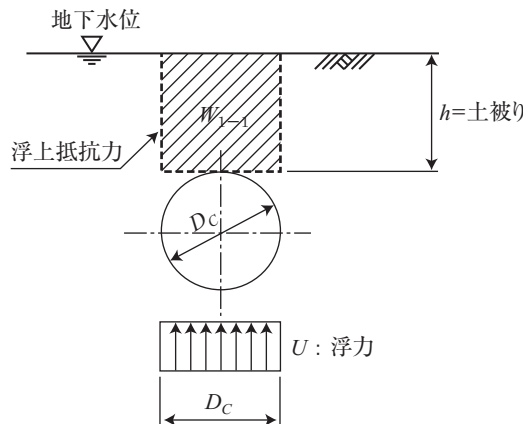


図 2.9 浮上に対する抵抗力

$$S \leq W / U \quad \dots\dots\dots (式 2.2)$$

$$U = \pi / 4 \cdot D_c^2 \cdot W_0 \quad \dots\dots\dots (式 2.3)$$

$$W = W_{1-1} + W_p \quad \dots\dots\dots (式 2.4)$$

ここに， S : 安全率 (1.2 とする)

U : 浮力 (kN/m)

W : 浮上に対する抵抗力 (kN/m)

W_{1-1} : 鉛直荷重 (kN/m) $W_{1-1} = D_c \cdot h \cdot (W_s - W_0)$

W_p : 管自重 (kN/m)

h : 土被り (m)

D_c : 管の外径 (m)

W_0 : 水の単位体積重量 (kN/m³)

W_s : 埋戻し土の飽和単位体積重量 (kN/m³)

2.9.2 浅埋設工法（管側部に一体化範囲を設ける場合）

矢板施工および素掘り施工において、浅埋設工法を適用した場合における断面を図 2.10、図 2.11 に示す。また、浅埋設工法は、図 2.12 に示すように、管直上部の荷重に加え、ジオテキスタイルで包み込んだ管側部の一体化範囲の抵抗荷重を加算することにより、浮上抵抗力を確保する。

なお、一体化範囲の抵抗荷重は、必要とされる張出幅に応じて定めるものとし、土被りとの関係で定められる一体化率を乗じて求める。

ただし、ソイルセメントの場合、張出幅 0.5 m までは一体化率を 1.0 として計算する。

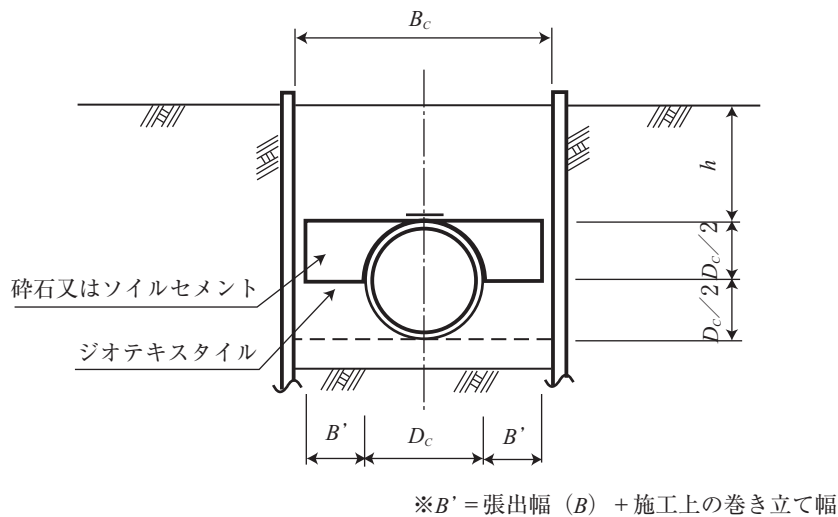


図 2.10 矢板施工の場合

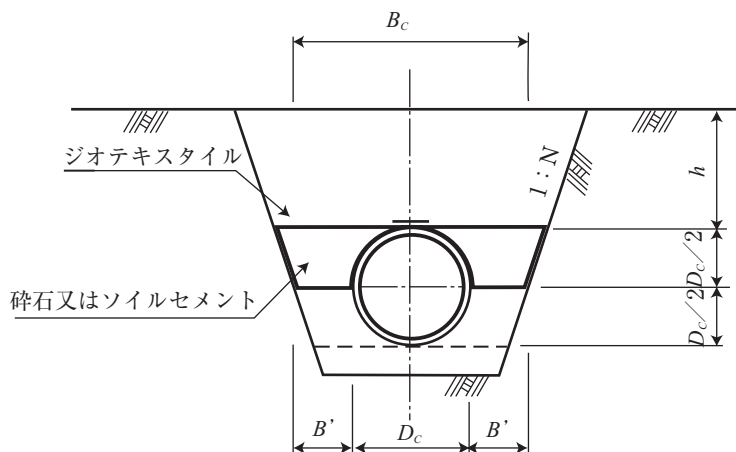


図 2.11 素掘り施工の場合

注) 素掘り施工の場合、掘削法面に沿ってジオテキスタイルを敷設すると、管頂部の方が管側部における張出幅より大きくなるが、ジオテキスタイルの変形等に対する安全性と、実証試験の結果から、浮上に抵抗する一体化範囲は管側部の張出幅を考える。

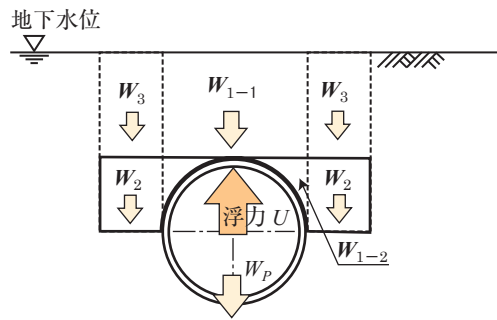


図 2.12 浅埋設工法の力のつりあい

$$S \leq W / U \quad \dots\dots\dots \text{(式 2.2 と同じ)}$$

$$U = \pi / 4 \cdot D_c^2 \cdot W_0 \quad \dots\dots\dots \text{(式 2.3 と同じ)}$$

$$W = W_{1-1} + W_{1-2} + F \cdot (W_2 + W_3) + W_p \quad \dots\dots\dots \text{(式 2.5)}$$

$$F = 0.2 \cdot \frac{a + h}{b} + 0.1 \quad \dots\dots\dots \text{(式 2.1)}$$

ただし、呼び径 1000 以下のとき、 $F \leq 1.0$

呼び径 2000 以下のとき、 $F \leq 0.9$

呼び径 3000 以下のとき、 $F \leq 0.8$

ここに、

S : 安全率 (1.2 とする)

U : 浮力 (kN/m)

W : 浮上に対する抵抗力 (kN/m)

W_{1-1} : 鉛直荷重 (kN/m) $W_{1-1} = D_c \cdot h \cdot (W_s - W_0)$

W_{1-2} : 鉛直荷重 (kN/m) $W_{1-2} = (D_c^2 / 2 - 1 / 2 \cdot \pi / 4 \cdot D_c^2) \cdot (W_G - W_0)$

W_2 : 管側部荷重 (kN/m) $W_2 = 2B \cdot D_c / 2 \cdot (W_G - W_0)$

W_3 : 管側部荷重 (kN/m) $W_3 = 2B \cdot h \cdot (W_s - W_0)$

W_p : 管自重 (kN/m)

F : 一体化率

h : 土被り (m)

D_c : 管の外径 (m)

B : ジオテキスタイルの張出幅 (m)

W_0 : 水の単位体積重量 (kN/m³)

W_s : 埋戻し土の飽和単位体積重量 (kN/m³)

W_G : ジオテキスタイル内の埋戻し土の飽和単位体積重量 (kN/m³)

2.10 ジオテキスタイル

一体化範囲を確保する材料は、ジオテキスタイルとする。

[解説]

2.10.1 ジオテキスタイルの概要

ジオテキスタイルは「国際標準規格 (ISO)」制定と連動して平成7年度に「ジオシンセティック用語 (日本工業規格 JIS L 0221)」において、用語の定義・分類がなされた。狭義の意味では、土木など用途に使用される織物 (織布)、不織布および編物で、透水性のあるシート状の高分子材料の製品と定義されている。一方、ジオグリッドやジオネットのように直交する二方向の部材を交点で結合または一体化した網状構造、格子状構造のシート類、さらには二種類以上の材料を組み合わせた複合製品などを含めて広義のジオテキスタイルと呼ぶ。

本マニュアルでは、排水材で使用されるジオテキスタイル (不織布など) は、適用外とし、補強材として使用されるジオテキスタイル (ジオグリッド、ジオネット、織布など) を対象とする。

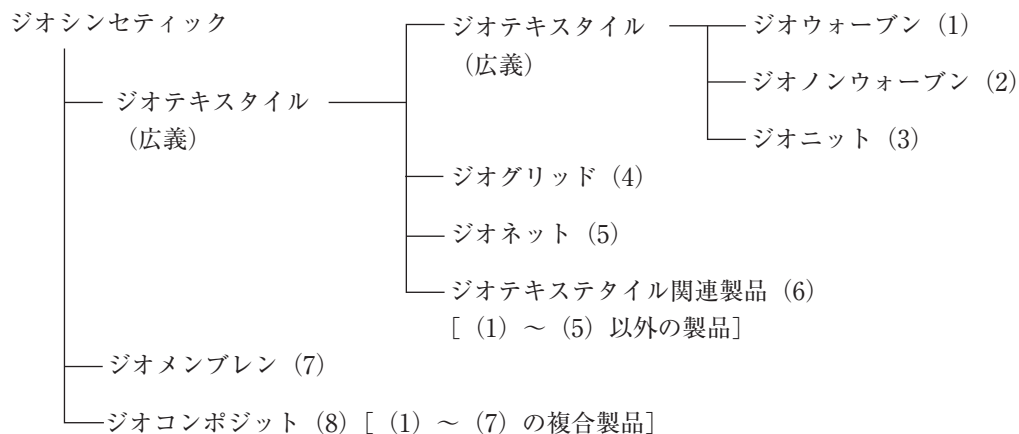


図 2.13 ジオシンセティックの分類

(ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル (土木研究センター) より引用)

2.10.2 ジオテキスタイルの引張強度と伸びひずみ

ジオテキスタイルは浮上防止の一体化材料として、適切な引張強度と伸びひずみ特性を有していることが必要である。

ジオテキスタイルの引張強度と伸びひずみの特性として、最大引張強さ (製品基準強度)、引張抵抗力 (引張荷重) と伸びひずみの関係、クリープを考慮した限界引張強さなどが挙げられる。最大引張強さ (製品基準強度) は、引張試験 (ひずみ制御による試験) を実施した際に生じる引張荷重の最大値で定義される (図 2.14)。ジオテキスタイルの引張試験は、性能評価試験法 (表 2.6)

を採用する。性能評価試験法で求められた引張強さを、通常、製品基準強度と呼んでいる。また、施工上、ジオテキスタイルの接合を行うため、接合部の接続強さを求めるための引張試験においても表 2.6 の性能評価試験法に準拠して行う。

また、クリープを考慮した限界引張強さ T_{cr} は、クリープ試験（応力制御による試験）によって求められるクリープ破壊強さ、あるいはクリープひずみが規定値に達するクリープ限度強さで定義される。一般に引張試験によって求めたジオテキスタイルの最大引張強さ T_{max} にクリープ低減係数 μ を乗じて（式 2.5）のように表される。

詳細については、「ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル（改訂版）」を参照すること。

$$T_{cr} = \mu \cdot T_{max} \dots\dots\dots \text{（式 2.5）}$$

ここに、 T_{cr} : クリープを考慮した限界引張強さ (kN/m)

μ : クリープ低減係数

T_{max} : ジオテキスタイルの最大引張強さ（製品基準強度）(kN/m)

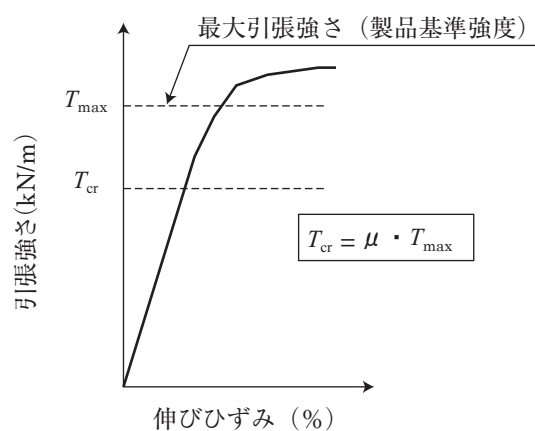


図 2.14 ジオテキスタイルの引張試験の結果例

表 2.6 ジオテキスタイルの引張試験条件

項 目	性能評価試験法
試 験 機	定速伸長形引張り試験機
試 験 環 境	温度 23 ± 2 °C 湿度 50 ± 20 %
状態調整時間	16 時間以上
引 張 速 度	1 % / min
供 試 体 幅	20cm 以上
つかみ間隔	原則 10 cm ジオグリッド, ジオネット 20 cm 以上
供 試 体 数	5 個以上
結果の表示	1 m 幅当りの引張強さ (kN/m)

2.10.3 ジオテキスタイルの耐久性

ジオテキスタイルは浮上防止材として、十分な耐損傷性、耐候性、耐薬品性および耐寒・耐熱性を有していることが必要である。ジオテキスタイルの設計引張強さは、「2.11.3 施工後（浮上時）におけるジオテキスタイルの伸びひずみと引張強さについて」に明記してあるように、単に最大引張強さを用いるのではなく、クリープや耐久性あるいは施工中の損傷などを考慮した材料安全率を考慮して決定する。また、材料安全率の一例として、表 5.2、表 5.3 を参照することとする。

(1) 耐損傷性

通常の施工時においては、ジオテキスタイルの耐損傷性についての配慮が必要である。

施工時に施工機械がジオテキスタイル上を直接走行しないように注意することは当然のことであるが、転圧時や撒き出し時において、施工重機の接地圧の影響や礫などの落下・貫入によるジオテキスタイルの損傷が予想されるので、これらに対する耐損傷性を耐衝撃性試験などによってあらかじめ評価検討しておく必要がある。

(2) 耐候性

長期間にわたり直射日光や風雨にさらされることがある。このような状態においてジオテキスタイルが紫外線・晴雨による乾湿繰返しなどの自然条件の影響を受け、時間の経過とともに強度劣化を起こす可能性も想定されるため、その影響を確認する必要がある。

(3) 耐薬品性

わが国の一般的な土の pH 値は、5～9 の範囲にある。ジオテキスタイルは、長期間にわたりその機能を保つことを要求されるため、使用目的と期間に応じた適切な耐薬品性を有する必要がある。さらに、わが国での温泉地帯 (pH=1.0～9.95) やセメント系固化材による改良地盤 (pH=10～13) などの特殊条件下においてジオテキスタイルが使用される場合には、それら化学成分による特性値の低下の度合いを把握しておくことが重要である。

(4) 耐寒性・耐熱性

一般に高温度や特別な劣化環境などの特殊環境条件下でジオテキスタイルを使用する場合、クリープを考慮した限界引張強さは標準的な使用条件における場合に比べて低下しやすい。ジオテキスタイルは鋼材に比較して腐食しにくいだが、わが国には強酸性の温泉地帯や噴気ガスがあるところならびに地熱が高いような場所などもあるので、そのような場合は、十分な検討を行うことが重要である。

具体的な試験方法などについては、「ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル(改訂版)」に準拠すること。

2.10.4 ジオテキスタイルの目合い

ここで、目合いとは、ジオグリッド、ジオネットあるいは織布の多角形（主に四角形）である開口部の大きさを示す指標であり、図 2.15 に示すように、ロール長さ方向（縦方向）のストランド間隔を a 、ロール幅方向（横方向）のストランド間隔を b として示す。

パイプラインの浅埋設工法で使用するジオテキスタイルの目合いは、碎石が容易に通過しない程度の大きさとし、約 50 mm を上限とする。なお、図 2.16 に示すように縦方向・横方向の目合いの寸法が異なる場合は、寸法の短いほう（図 2.16 で示す b ）が約 50 mm より小さい寸法となっていれば良いものとする。

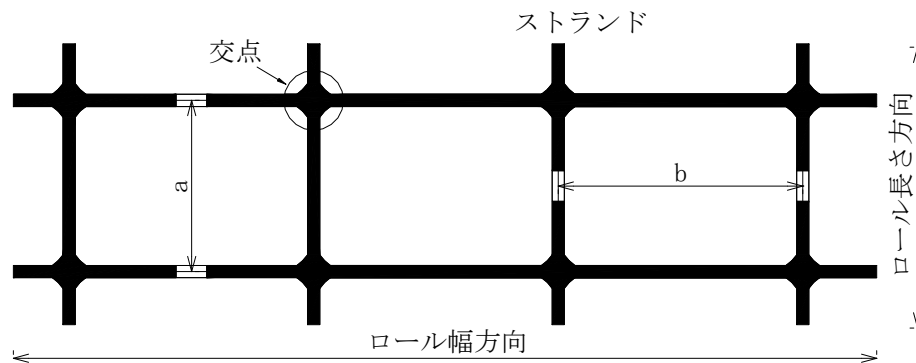


図 2.15 ジオテキスタイルの目合い

（ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル（土木研究センター）より引用）

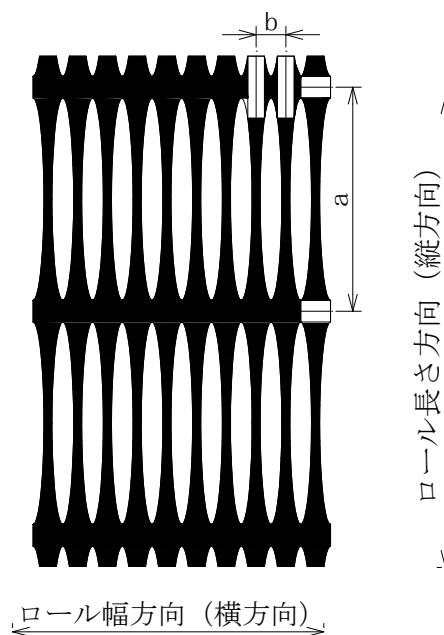


図 2.16 ジオテキスタイルの目合いによる選定

2.10.5 ジオテキスタイルの敷設

ジオテキスタイルは、設計によって定められた敷設長を確保できるように切断し、所定の位置に敷設する。管軸方向については、図 2.17 に示すように、埋設管（管中心線）に対して直角に敷設し、隣のジオテキスタイルと隙間を作らないように、突合わせまたは重ね合わせ敷設し、連続性を保つこととする。ただし、設計条件によってはジオテキスタイルの敷設範囲が少なくなる場合もあるが、原則として、2 m 以上は連続して敷設しなければならないものとする。

断面方向については、敷設したジオテキスタイルは、緩みがあると補強効果が期待できないため、敷設時には適度な張力を加えて緩みのないようにする。特に、管頂部の接合においては、ジオテキスタイルに適度な張力を作用させるために、図 2.18 に示すように、砕石の撒き出しを管頂部より 1 層（10～30 cm 程度）下のときに敷設・接合を行うと良い。また、撒き出し時、転圧時などにジオテキスタイルが移動するようであれば、ピンで適宜固定するなどの措置をとる。ただし、実際の設計においては、図 2.19 に示すように、ジオテキスタイルが管頂まで敷設してあると考えて設計を行う。

曲線部にジオテキスタイルを敷設する場合には、隣り合うジオテキスタイルとの間に隙間ができたり重ね合わせが生じたりする。このような場合は、設計の考え方や手法を考慮して安定に支障のない範囲で合理的なジオテキスタイルの敷設を検討する。

また、ソイルセメントの場合においては、管頂まで埋め戻しを行った後に、ジオテキスタイルの接合を行う。

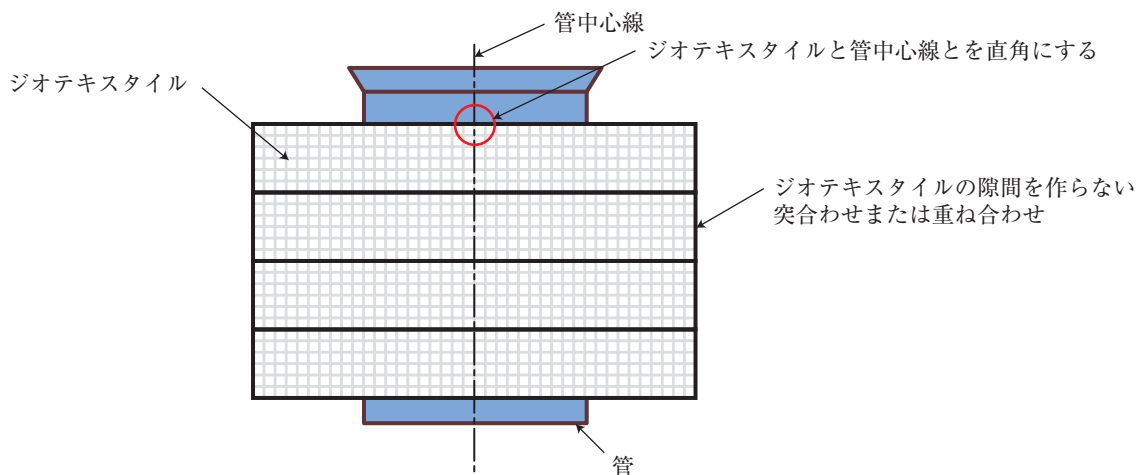


図 2.17 ジオテキスタイルの敷設（管軸方向）

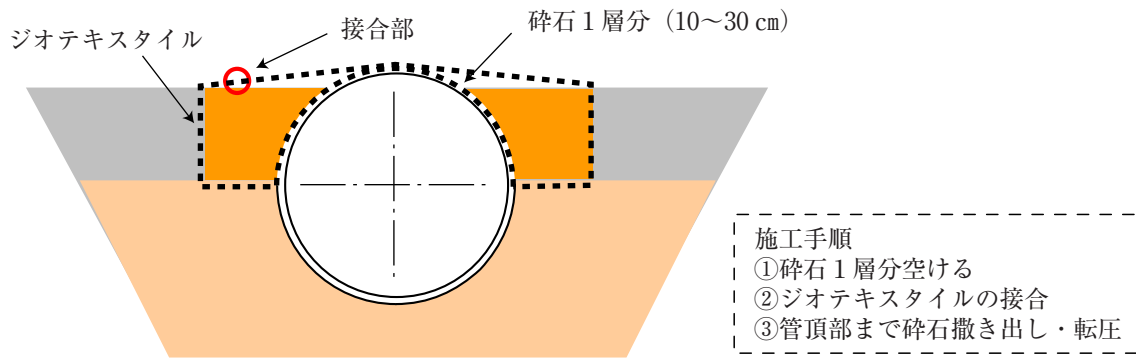


図 2.18 ジオテキスタイルの敷設 (断面方向)

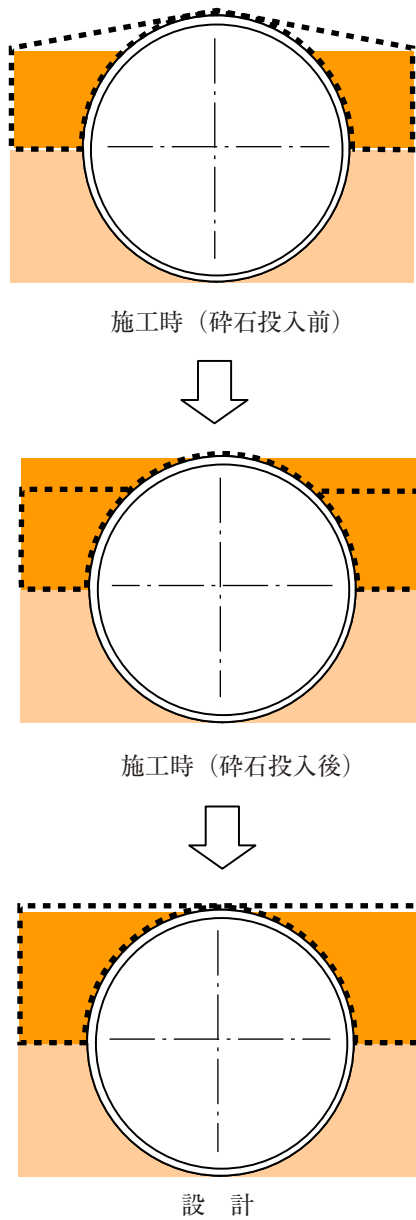


図 2.19 施工上と設計上の一体化範囲の考え方

2.10.6 ジオテキスタイルの接合

管軸方向のジオテキスタイルの接合は、基本的には突合わせによる方法で十分であるが、施工中にジオテキスタイルのずれが生じることが懸念される場合には、重ね合わせによる方法を採用する。その際、重ね合わせ幅は、5～6 cm 以上とする。

一方、ジオテキスタイルの引張強さを考慮する管断面方向については、できるだけ接合部をつくらないように行い、できるだけ接合部の強度を低下させない方法で行う。接合位置としては、管の直上に接合部を設けることは避け、図 2.18 に示すようにジオテキスタイル上部の端の位置が望ましい。接合にはジョイント棒や専用の連結治具などが用いられており、使用するジオテキスタイルに応じた選定を行うとともに、接合部の引張強さと伸びひずみの関係が確認されている方法を用いなければならない。ジオテキスタイルの接合方法の例を表 2.7 に示す。なお、接合時に用いる連結治具は、長期間の埋設においても、安定して接合強度が維持できる必要がある。そのため、腐蝕・劣化などによって耐久性が低下しない連結治具を用いるものとする。

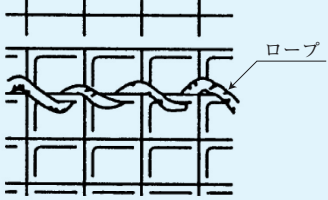
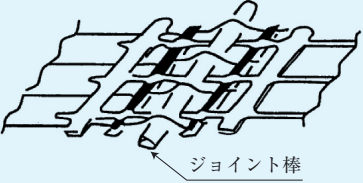
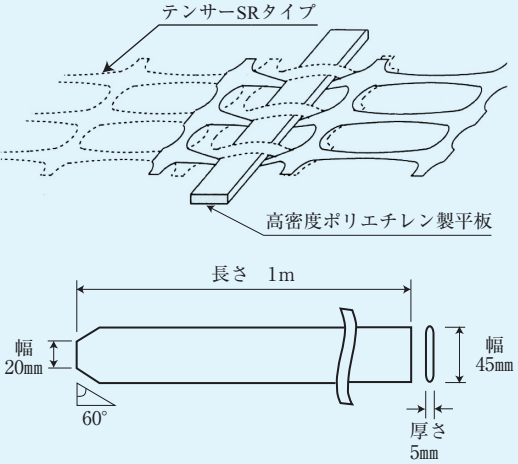
また、ジオテキスタイルの効果が施工時から発揮できるように、敷設時においては、ジオテキスタイルにたるみを発生させず、ジオテキスタイルに適度な引張力を持たせて接合を行わなければならない。このため、図 2.20 に示すような引張治具などを用いると、より簡便に接合ができ、引張力を施工時から発揮させることができる。この他の接合方法では、接合金具、接合ピンなどもあるが浮力に抵抗できる十分な強度を持っていることが必要である。

なお、接合部の引張強さを求めるための引張試験においては、表 2.6 の条件を満足するものとする。



図 2.20 引張治具の例

表 2.7 ジオテキスタイルの接合方法例

接合方法	備考
<p>①ロープによる接合</p> 	<p>ロープとしては、$\phi 4$ mm 程度のポリエチレン製などのロープを用いることが多い。</p>
<p>②ジョイント棒による接合</p> 	<p>ジョイント棒としては、$\phi 10 \sim 20$ mm 程度の鉄筋などを用いることが多い。なお、鉄筋の腐食が問題となる場合には、ジョイント棒として合成樹脂製の棒を用いればよい。</p>
<p>③専用の治具による接合</p> 	<p>ジオテキスタイルにより、上記①、②に示す以外の接合方法がある。</p>

2.11 ジオテキスタイルの選定方法

ジオテキスタイルの選定は、ジオテキスタイルの必要引張強さとジオテキスタイルに発生する伸びひずみを考慮して行う。

[解説]

ジオテキスタイルは、図 2.21 に示すフローに従い、選定を行う。
以下に (1) ~ (4) の項目について詳細に記述する。

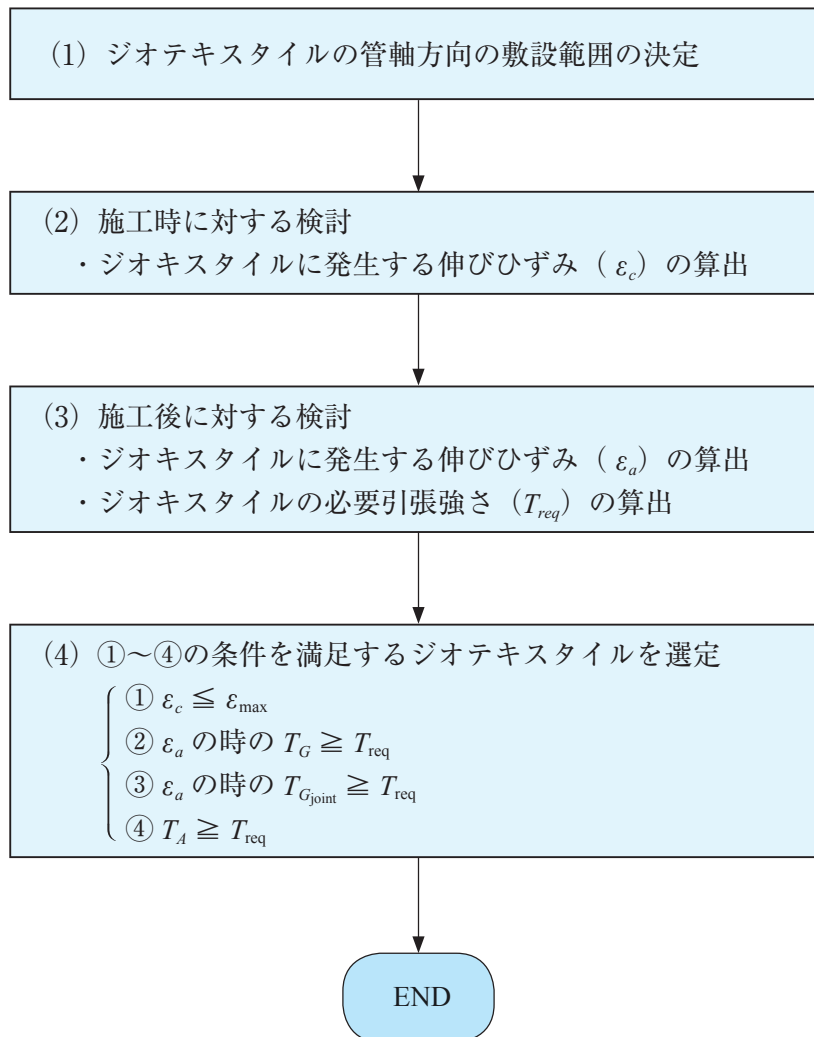


図 2.21 ジオテキスタイルの選定方法フロー

2.11.1 ジオテキスタイルの管軸方向の敷設について

ジオテキスタイルを管上に敷設する際、管に拡径した継手部がある場合には、連続したジオテキスタイルを敷設することが難しく、また均等な引張力を期待することができない。このような場合には、図 2.22 に示すように拡径部分にも分割したジオテキスタイルを敷設すればよい。

次に、ジオテキスタイルの必要引張強さ T_{req} は図 2.23 に示す力の釣り合いから、(式 2.6) により求める。

$$T_{req} = (S \cdot U - W) / 2 \dots\dots\dots (式 2.6)$$

$$U = \pi / 4 \cdot D_c^2 \cdot W_0 \dots\dots\dots (式 2.7)$$

$$W = W_{1-1} + W_{1-2} + W_p \dots\dots\dots (式 2.8)$$

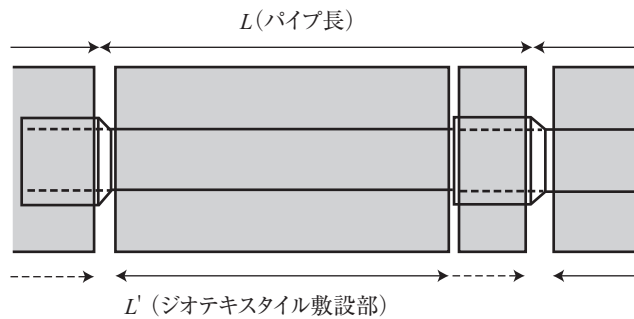


図 2.22 ジオテキスタイルの管軸方向の敷設範囲

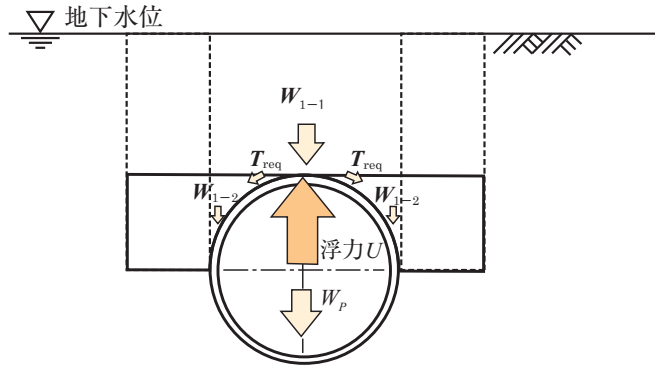


図 2.23 浮上におけるジオテキスタイルの力のつりあい

なお、拡径部分に分割したジオテキスタイルの敷設が困難な場合、ジオテキスタイルの必要引張強さ T_{req} は、(式 2.6') のように管長 (L) と管軸方向のジオテキスタイルの敷設長 (L') との比を加味して算定する。

$$T_{req} = (S \cdot U - W) / 2 \cdot L / L' \dots\dots\dots (式 2.6')$$

$$U = \pi / 4 \cdot D_c^2 \cdot W_0 \dots\dots\dots (式 2.7)$$

$$W = W_{1-1} + W_{1-2} + W_P \dots \dots \dots \quad (\text{式 2.8})$$

ここに,

U : 浮力 (kN/m)

W : 浮上に対する抵抗力 (kN/m)

W_{1-1} : 鉛直荷重 (kN/m) $W_{1-1} = D_c \cdot h \cdot (W_s - W_0)$

W_{1-2} : 鉛直荷重 (kN/m) $W_{1-2} = (D_c^2 / 2 - 1 / 2 \cdot \pi / 4 \times D_c^2) \cdot (W_G - W_0)$

W_P : 管自重 (kN/m)

h : 土被り (m)

D_c : 管の外径 (m)

W_0 : 水の単位体積重量 (kN/m³)

W_s : 埋戻し土の飽和単位体積重量 (kN/m³)

W_G : ジオテキスタイル内の埋戻し土の飽和単位体積重量 (kN/m³)

S : 安全率 (1.2 とする)

T_{req} : ジオテキスタイルの必要引張強さ (kN/m)

L : 管長 (m)

L' : ジオテキスタイルの敷設長 (m)

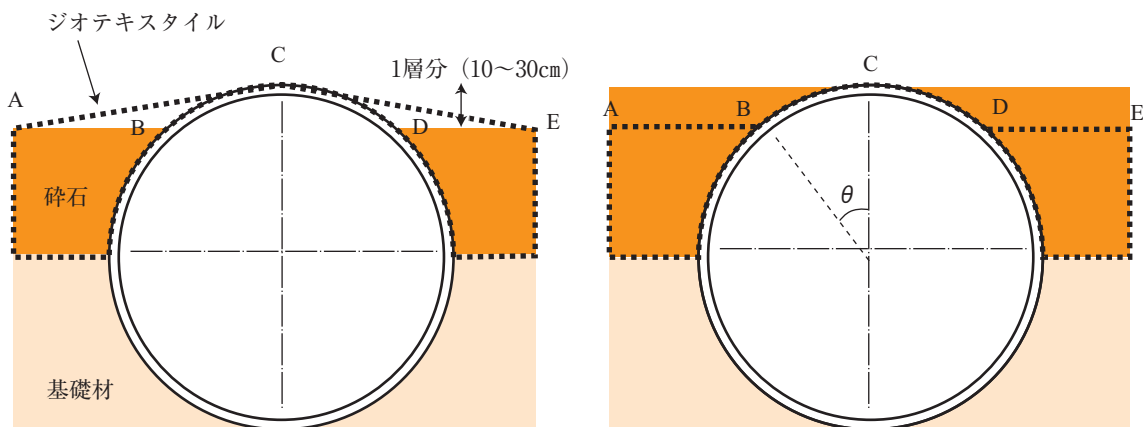
2.11.2 施工時におけるジオテキスタイルに発生する伸びひずみ (ε_c) について

(1) ジオテキスタイルに発生する伸びひずみ (ε_c) の算出方法

2.10.5 ジオテキスタイルの敷設にて記述したように、施工時においては、ジオテキスタイルに適度な張力を作用させるために、管頂部より1層下のときにジオテキスタイルを敷設する。そのため、碎石撒き出し後は、図 2.24 に示すように、ジオテキスタイルにひずみが発生する。この施工時に発生するジオテキスタイルの伸びひずみ (ε_c) についても検討することとする。

この施工時に発生するジオテキスタイルの伸びひずみ (ε_c) の算出方法は、図 2.24 に示すように、(a) 管頂部碎石撒き出し前のジオテキスタイルの長さ L_c と (b) 管頂部碎石撒き出し後のジオテキスタイルの長さ L'_c を求め、

施工時に発生するジオテキスタイルの伸びひずみ： $\varepsilon_c = \frac{L'_c - L_c}{L_c} \cdot 100$ より算出する。



(a) 管頂部碎石撒き出し前 (b) 管頂部碎石撒き出し後

$$\left. \begin{array}{l} \text{管頂部碎石撒き出し前のジオテキスタイルの長さ：} L_c = ACE \\ \text{管頂部碎石撒き出し後のジオテキスタイルの長さ：} L'_c = ABCDE \\ \text{施工時に発生するジオテキスタイルの伸びひずみ：} \varepsilon_c = \frac{L'_c - L_c}{L_c} \cdot 100 \end{array} \right\}$$

図 2.24 施工時に発生するジオテキスタイルの伸びひずみ (ε_c) の算出

(2) ジオテキスタイルの検討

(1) から求めた ε_c が製品基準強度 (T_{max}) 時の伸びひずみ (ε_{max}) との関係において、以下の条件を満足するジオテキスタイルを選定する。

$$\cdot \varepsilon_c \leq \varepsilon_{max}$$

2.11.3 施工後（浮上時）におけるジオテキスタイルの伸びひずみと引張強さについて

(1) ジオテキスタイルに発生する伸びひずみ (ε_a) について

ジオテキスタイルに発生する引張強さ (T_G) および接合部の引張強さ ($T_{G_{joint}}$) においては、ジオテキスタイルに発生する伸びひずみ (ε_a) を考慮に入れなければならない。これは、図 2.25 に示すように、管の浮上に伴い、ジオテキスタイルが伸びることによって、効果が十分に発揮されず、管の浮上量が許容変位量を越えてしまう恐れがあるためである。

そこで、ジオテキスタイルの設計伸びひずみ (ε_a) の算出方法としては、図 2.26 に示すように、継手のある場合と継手のない場合に分けて、「① 土の破壊ひずみの関係より求めたジオテキスタイルの許容伸び率 (ε_1)」と「② 管の設計曲げ角度の関係より求めたジオテキスタイルの許容伸び率 (ε_2)」をそれぞれ算出し、これらの最小値を設計伸びひずみ (ε_a) として算出する。

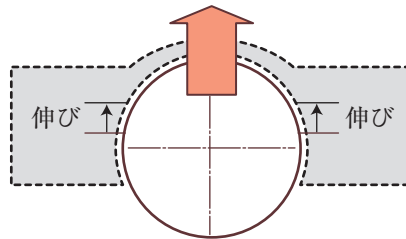


図 2.25 ジオテキスタイルの伸びによる管の浮上

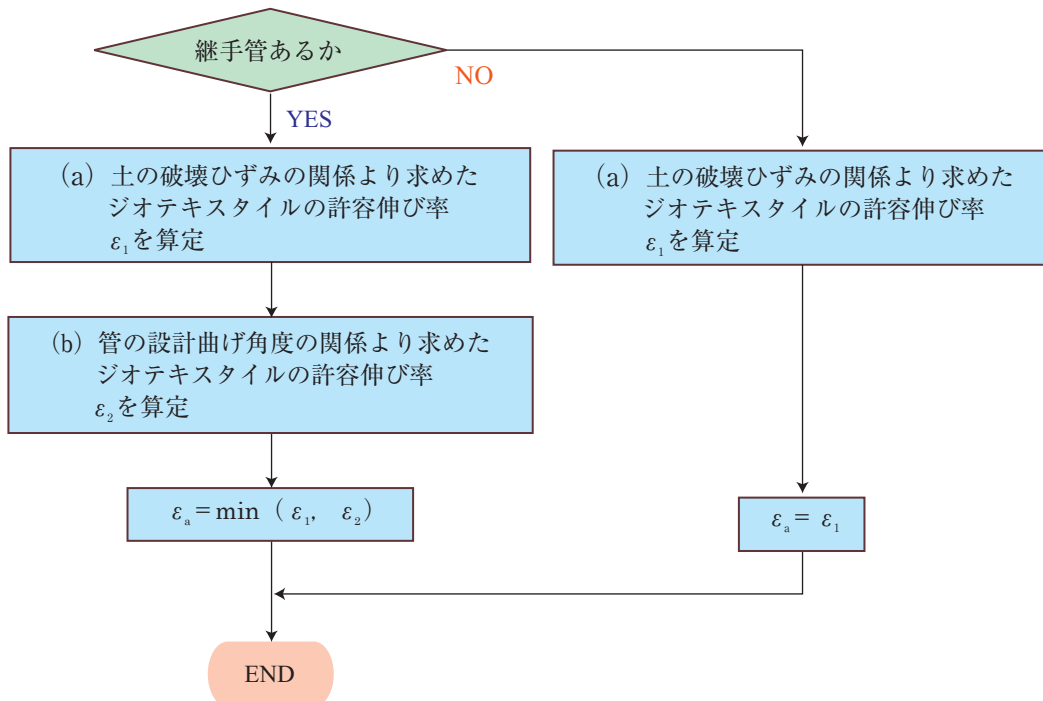


図 2.26 ジオテキスタイルの設計伸びひずみ (ε_a) の算出フロー

①土の破壊ひずみの関係より求めたジオテキスタイルの許容伸び率（ ε_1 ）について

管が浮上する場合の初期段階でのジオテキスタイルの伸び領域 L_G は図 2.27 に示すように、とする。

$$L_G = L_{G1} + L_{G2} = D_c \cdot \pi \cdot \frac{45}{360} + 0.5^* \text{とする。}$$

（※張出幅 $B \leq 0.5$ の場合は $L_{G2} = B$ とする。）

そこで、土の破壊ひずみの関係より求めたジオテキスタイルの許容伸び率（ ε_1 ）は、(式 2.9) のように表される。

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta h_1}{L_G} \cdot 100 = \frac{h \cdot \frac{\varepsilon_f}{100} \cdot \frac{1}{a_f}}{L_G} \cdot 100 \dots\dots\dots \text{(式 2.9)}$$

ここに、

- Δh_1 : 土の破壊ひずみとの関係での管の許容浮上高さ (m) $\Delta h_1 = h \cdot \frac{\varepsilon_f}{100} \cdot \frac{1}{a_f}$
- h : 土被り
- ε_f : 土の破壊ひずみ (3 % とする)
- a_f : 地表面への影響係数 (0.75 とする)

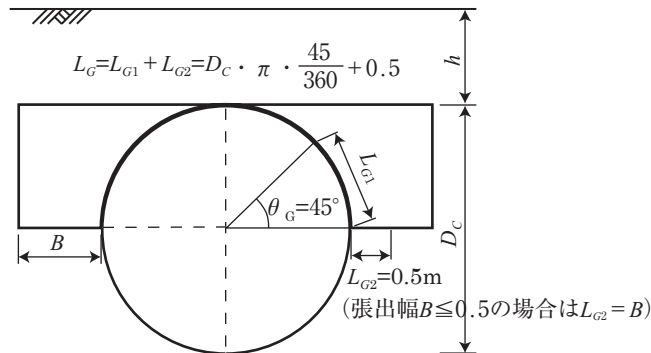


図 2.27 ジオテキスタイルの伸び領域

②管の設計曲げ角度の関係より求めたジオテキスタイルの許容伸び率（ ε_2 ）

管の設計曲げ角度の関係より求めたジオテキスタイルの許容伸び率（ ε_2 ）は、(式 2.10) のように表される。また、管の許容曲げ角度の概要を図 2.28 に、管の設計曲げ角度と許容曲げ角度を表 2.8 に示す。

$$\varepsilon_2 = \frac{\Delta h_2}{L_G} \cdot 100 = \frac{L \cdot \tan \theta \cdot \frac{1}{a_f}}{L_G} \cdot 100 \dots\dots\dots \text{(式 2.10)}$$

ここに、

- Δh_2 : 管の設計曲げ角度との関係での管の許容浮上高さ (m) $\Delta h_2 = L \cdot \tan \theta \cdot \frac{1}{a_f}$
- θ : 管の設計曲げ角度 (°) = 管の許容曲げ角度 / 2

a_f : 地表面への影響係数 (0.75 とする)

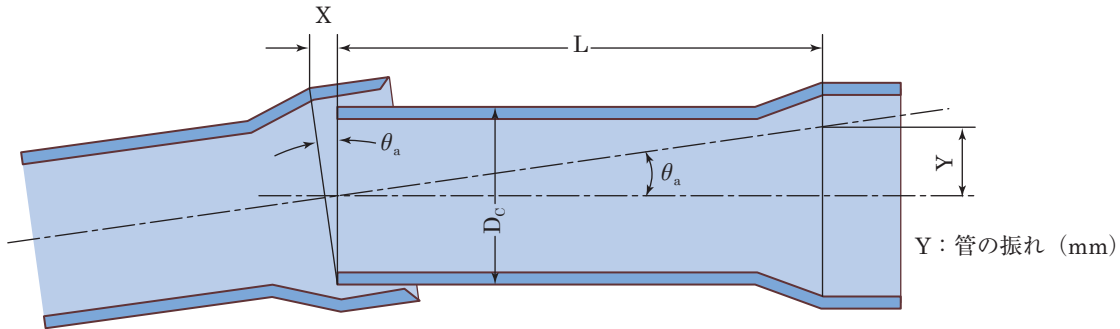


図 2.28 許容曲げ角度の概要

表 2.8 許容曲げ角度と設計曲げ角度 (FRPM管の場合)

口径 (mm)	600 ~ 800	900 ~ 1000	1100	1200	1350	1500 ~ 3000
許容曲げ角度: θ_a	4° 00'	3° 30'	3° 00'	2° 50'	2° 40'	2° 30'
設計曲げ角度: θ	2° 00'	1° 45'	1° 30'	1° 25'	1° 20'	1° 15'

(2) ジオテキスタイルの必要引張強さ (T_{req}) について

ジオテキスタイルの必要引張強さ (T_{req}) は, (式 2.6') より求める。さらに, 使用するジオテキスタイルは, (式 2.11), (式 2.12), (式 2.13) の条件を満たさなければならない。

また, これらの T_G , $T_{G_{joint}}$, T_{cr} は, 「2.10 ジオテキスタイル 2.10.2 ジオテキスタイルの引張強度と伸びひずみ」に記述されている試験方法に従い算出する。

$$T_{req} = (S \cdot U - W) / 2 \cdot L / L' \dots\dots\dots (式 2.6')$$

$$T_{req} \leq T_G \dots\dots\dots (式 2.11)$$

$$T_{req} \leq T_{G_{joint}} \dots\dots\dots (式 2.12)$$

$$T_{req} \leq T_A \dots\dots\dots (式 2.13)$$

ここに, 図 2.29 に示すように,

T_G : 設計伸びひずみ (ϵ_a) 時のジオテキスタイルの引張強さ (kN/m)

$T_{G_{joint}}$: 設計伸びひずみ (ϵ_a) 時のジオテキスタイルの接合部の引張強さ (kN/m)

T_A : ジオテキスタイルの耐久性を考慮した引張強さ (kN/m)

$$T_A = \frac{T_{max}}{F_{cr} \cdot F_D \cdot F_C \cdot F_B} = \frac{T_{cr}}{F_D \cdot F_C \cdot F_B} \dots\dots\dots (式 2.14)$$

T_{max} : ジオテキスタイルの最大引張強さ (製品基準強度) (kN/m)

F_{cr} : クリープを考慮した材料安全率

F_D : 耐久性 (耐候性, 耐薬品性などの長期的な劣化特性) を考慮した材料安全率

F_C : 施工中の損傷を考慮した材料安全率

F_B : 接続部の強度低下を考慮した材料安全率

T_{cr} : クリープを考慮したジオテキスタイルの限界引張強さ (kN/m)

なお, それぞれの材料安全率 F_{cr} , F_D , F_C , F_B の参考値として表 5.2, 表 5.3 に示す。

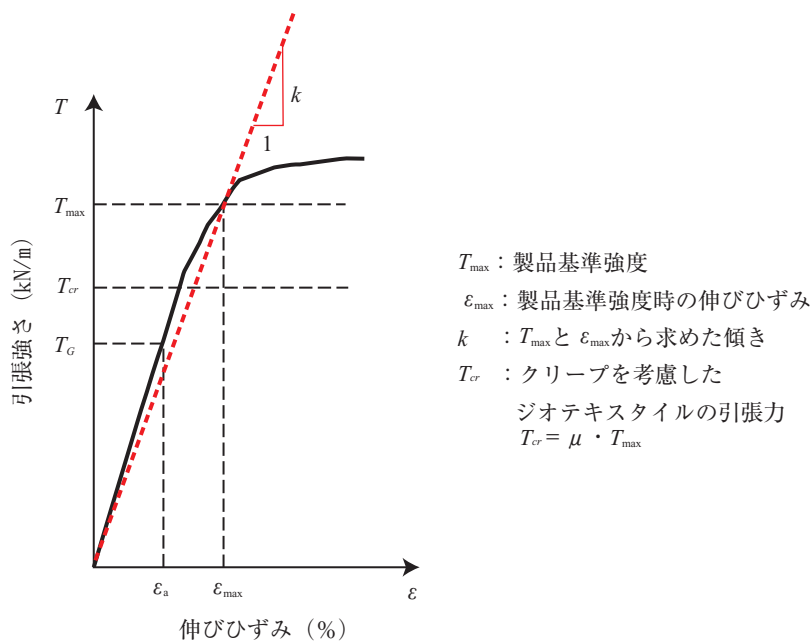


図 2.29 ジオテキスタイルの引張試験の結果例

2.11.4 ジオテキスタイルの選定

以上の計算結果より、表 2.9 の条件を満足するジオテキスタイルを選定する。

また、本工法に適用するジオテキスタイルは、適切な施工実績を有したもので、(財)土木研究センター発行の建設技術審査証明報告書などで品質が保証されたものを使用することが望ましい。なお、施工実績のあるジオテキスタイルの参考例として、表 5.2, 表 5.3 に示す。

表 2.9 ジオテキスタイルの選定条件

条 件	伸びひずみ	設計引張強度
①ジオテキスタイルの伸びひずみと引張強さ	$\epsilon_c \leq \epsilon_{\max}$	-
②ジオテキスタイルの引張強さ (T_G)	ϵ_a (%) の時に	$T_G \geq T_{\text{req}}$ (kN/m)
③ジオテキスタイルの接合部の引張強さ ($T_{G\text{joint}}$)	ϵ_a (%) の時に	$T_{G\text{joint}} \geq T_{\text{req}}$ (kN/m)
④ジオテキスタイルの耐久性を考慮した引張強さ (T_A)	-	$T_A \geq T_{\text{req}}$ (kN/m)

3 計算例

3.1 通常の埋設工法(管上部の鉛直荷重のみを考慮する場合)の計算

3.1.1 設計条件

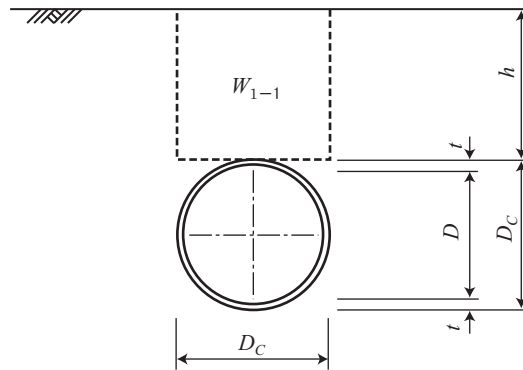


図 3.1 設計断面

- 地下水位 : 地表面まで地下水位がある場合
- 設計土被り : $h = 1.20$ (m)
- 管種 : 強化プラスチック複合管
- 管の外径 : $D_c = 2.496$ (m)
- 管の内径 : $D = 2.400$ (m)
- 安全率 : $S = 1.2$
- 管体の単位体積重量 : $\gamma_p = 19.6$ (kN/m³)
- 水の単位体積重量 : $W_0 = 9.8$ (kN/m³)
- 埋戻し土(砂)の飽和単位体積重量 : $W_s = 20.0$ (kN/m³)

表 3.1 管体の単位体積重量

管種	単位体積重量 (kN/m ³)
遠心力鉄筋コンクリート管	24.0
コア式プレストレストコンクリート管	24.5
ダクタイル 鋳鉄管	70.0
鋼管	77.0
硬質塩化ビニル管	14.0
ポリエチレン管	9.4
強化プラスチック複合管	19.6

3.1.2 抵抗力の計算

通常の埋設工法の場合、浮上に対する抵抗力として見込める荷重は図に示す W_{1-1} と管自重 W_p である。

(1) 鉛直荷重

$$\begin{aligned} W_{1-1} &= D_c \cdot h \cdot (W_s - W_0) \\ &= 2.496 \times 1.20 \times (20.0 - 9.8) = 30.551 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

(2) 管自重

$$\begin{aligned} W_p &= \pi / 4 \cdot (D_c^2 - D^2) \cdot \gamma_p \\ &= \pi / 4 \times (2.496^2 - 2.400^2) \times 19.6 = 7.235 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

(3) 抵抗力

$$\begin{aligned} \Sigma W &= W_{1-1} + W_p \\ &= 30.551 + 7.235 = 37.786 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

3.1.3 浮力の計算

$$\begin{aligned} U &= \pi / 4 \cdot D_c^2 \cdot W_0 \\ &= \pi / 4 \times 2.496^2 \times 19.6 = 47.952 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

3.1.4 浮上に対する安全性

$$\begin{aligned} S &= \Sigma W / U \geq 1.2 \\ &= 37.786 / 47.952 = 0.788 < 1.2 \quad \text{— NG —} \end{aligned}$$

以上より、土被り $h=1.20$ mでは管が浮上するため危険である。

したがって、土被りを深くするか、管側部に一体化範囲を設けて浮上防止対策を行う必要がある。

3.2 浅埋設工法（管側部に一体化範囲を設ける場合）の計算

3.2.1 設計条件

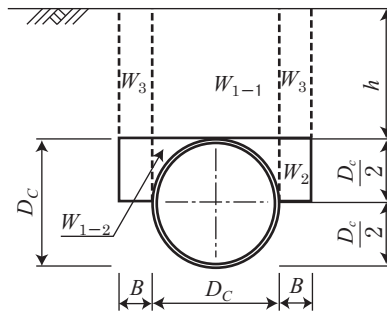


図 3.2 設計断面

- 地 下 水 位 : 地表面まで地下水位がある場合
 設 計 土 被 り : $h = 1.20$ (m)
 管 種 : 強化プラスチック複合管
 管 の 外 径 : $D_c = 2.496$ (m)
 管 の 内 径 : $D = 2.400$ (m)
 安 全 率 : $S = 1.2$
 管体の単位体積重量 : $\gamma_p = 19.6$ (kN/m³)
 水の単位体積重量 : $W_0 = 9.8$ (kN/m³)
 埋戻し土（砂）の飽和単位体積重量 : $W_s = 20.0$ (kN/m³)
 埋戻し土（碎石）の飽和単位体積重量 : $W_G = 21.0$ (kN/m³)
 管 長 : $L = 4.0$ (m)
 ジオテキスタイルの敷設長 : $L' = 3.0$ (m)
 (継手部分の 1.0 m については, ジオテキスタイルを敷設しない場合を想定)
 張出幅 : $B = 0.50$ (m)

3.2.2 抵抗力の計算

浮上に対する抵抗力として見込む荷重は図 3.2 に示す W_{1-1} , W_{1-2} , W_2 , W_3 と管自重 W_p である。

W_2 , W_3 は管 1 本あたりのジオテキスタイルの敷設範囲 (L'/L) を考慮し、一体化率 F を乗じて抵抗荷重を求める。

また、 W_{1-1} , W_3 は砂、 W_{1-2} , W_2 は碎石とする。

(1) 鉛直荷重

$$\begin{aligned} W_{1-1} &= D_C \cdot h \cdot (W_S - W_0) \\ &= 2.496 \times 1.20 \times (20.0 - 9.8) = 30.551 \text{ (kN/m)} \\ W_{1-2} &= (D_C^2 / 2 - \pi / 4 \cdot D_C^2 / 2) \cdot (W_G - W_0) \\ &= (2.496^2 / 2 - \pi / 4 \times 2.496^2 \times 1 / 2) \times (21.0 - 9.8) = 7.487 \text{ (kN/m)} \\ W_2 &= 2B \cdot D_C / 2 \cdot (W_G - W_0) \\ &= 2 \times 0.5 \times 2.496 / 2 \times (21.0 - 9.8) = 13.978 \text{ (kN/m)} \\ W_3 &= 2B \cdot h \cdot (W_S - W_0) \\ &= 2 \times 0.5 \times 1.2 \times (20.0 - 9.8) = 12.240 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

(2) 管自重

$$\begin{aligned} W_p &= \pi / 4 \cdot (D_C^2 - D^2) \cdot \gamma_p \\ &= \pi / 4 \times (2.496^2 - 2.400^2) \times 19.6 = 7.235 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

(3) 一体化率

$$\begin{aligned} F &= 0.2 \cdot (D_C / 2 + h) / B + 0.1 \\ &= 0.2 \times (2.496 / 2 + 1.2) / 0.5 + 0.1 = 1.08 \geq 0.8 \text{ (呼び径 3000 mm 以下の場合)} \\ \therefore F &= 0.8 \end{aligned}$$

(4) 抵抗力

$$\begin{aligned} \Sigma W &= W_{1-1} + W_{1-2} + F \cdot (W_2 + W_3) \cdot L' / L + W_p \\ &= 30.551 + 7.487 + 0.8 \times (13.978 + 12.240) \times 3.0 / 4.0 + 7.235 = 61.004 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

3.2.3 浮力の計算

$$\begin{aligned}
 U &= \pi / 4 \cdot D_c^2 \cdot W_0 \\
 &= \pi / 4 \times 2.496^2 \times 19.6 = 47.952 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

3.2.4 浮上に対する安全性

$$\begin{aligned}
 S &= \Sigma W / U \geq 1.2 \\
 &= 62.053 / 47.952 = 1.29 > 1.2 \quad \text{— OK —}
 \end{aligned}$$

したがって、安全である。

3.2.5 ジオテキスタイルの選定

(1) 設計条件

先の計算結果より、以下のとおりである。

浮力： $U = 47.952$ (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)
 $= 30.551 + 7.487 + 7.235 = 45.273$ (kN/m)

ジオテキスタイルの管軸方向の敷設長： $L' = 3.0$ (m)

上部ジオテキスタイルの敷設位置 (管頂部より1層下の高さ)： $h_c = 30$ (cm) = 0.3 (m)

(2) 施工時における伸びひずみと引張強さの検討

① 施工時に発生する伸びひずみ (ε_c) の算出

管頂部碎石撒き出し前のジオテキスタイルの長さ $L_c = ACE = 3.55$ (m)

管頂部碎石撒き出し後のジオテキスタイルの長さ $L'_c = ABCDE = 3.64$ (m)

$$\varepsilon_c = \frac{L'_c - L_c}{L'_c} \cdot 100 = \frac{3.64 - 3.55}{3.64} \times 100 = 2.55 \text{ (\%)}$$

② ジオテキスタイルの検討

①より算出した ε_c が以下の条件を満足するジオテキスタイルを選定する。

$$\cdot \varepsilon_c = 2.55 \leq \varepsilon_{\max}$$

(3) 施工後(浮上時)に対する検討

① 設計伸びひずみ (ε_a) の算出(a) 土の破壊ひずみの関係より求めたジオテキスタイルの許容伸び率 (ε_1)

$$\begin{aligned}\varepsilon_1 &= \frac{\Delta h}{L_G} \cdot 100 = \frac{h \cdot \frac{\varepsilon_f}{100} \cdot \frac{1}{a_f}}{D_C \cdot \pi \cdot \frac{45^\circ}{360^\circ} + 0.5} \cdot 100 \\ &= \frac{1.00 \times \frac{3}{100} \times \frac{1}{0.75}}{2.496 \times \pi \times \frac{45^\circ}{360^\circ} + 0.5} \times 100 = 3.24 (\%) \end{aligned}$$

(b) 管の設計曲げ角度の関係より求めたジオテキスタイルの許容伸び率 (ε_2)

$$\begin{aligned}\varepsilon_2 &= \frac{\Delta h}{L_G} \cdot 100 = \frac{L \cdot \tan \theta \cdot \frac{1}{a_f}}{D_C \cdot \pi \cdot \frac{45^\circ}{360^\circ} + 0.5} \cdot 100 \\ &= \frac{4.00 \times \tan \left(\frac{2^\circ 30'}{2} \right) \times \frac{1}{0.75}}{2.496 \times \pi \times \frac{45^\circ}{360^\circ} + 0.5} \times 100 = 7.86 (\%) \end{aligned}$$

(c) 設計伸びひずみ (ε_a) の算出

$$\varepsilon_a = \min(\varepsilon_1, \varepsilon_2) = \min(3.24, 7.86) = 3.24 (\%)$$

② ジオテキスタイルの必要引張強さ (T_{req}) の算出

$$\begin{aligned}T_{\text{req}} &= (S \cdot U - \Sigma W) / 2 \cdot \frac{L}{L'} \\ &= (1.2 \times 47.952 - 45.273) / 2 \times 4 / 3.0 = 8.18 (\text{kN/m}) \end{aligned}$$

(4) ジオテキスタイルの選定条件

(1), (2), (3) より, 表 3.2 の条件を満足するジオテキスタイルを選定する。

表 3.2 ジオテキスタイルの選定条件

条 件	伸びひずみ	引張強さ
(a) ジオテキスタイルの伸びひずみと引張強さ	$\varepsilon_c = 2.55 (\%) \leq \varepsilon_{\text{max}}$	—
(b) ジオテキスタイルの引張強さ (T_G)	$\varepsilon_a = 3.24 (\%)$ の時に	$T_G \geq 8.18 (\text{kN/m})$
(c) ジオテキスタイルの接合部の引張強さ (T_{joint})	$\varepsilon_a = 3.24 (\%)$ の時に	$T_{\text{joint}} \geq 8.18 (\text{kN/m})$
(d) ジオテキスタイルの耐久性を考慮した引張強さ (T_A)	—	$T_A \geq 8.18 (\text{kN/m})$

(5) 選定したジオテキスタイルの確認

ジオテキスタイル：図 3.3 の強度特性をもつジオテキスタイルを使用する。

- 製品基準強度： $T_{\max} = 36.0$ (kN/m)
- 製品基準強度時の伸びひずみ： $\varepsilon_{\max} = 10.0$ (%), T と ε の関係式： $T = 3.6 \varepsilon$
- 材料安全率： $F_{cr} = 1.67$, $F_D = 1.0$, $F_C = 1.0$, $F_B = 1.0$
- ジオテキスタイルの接合方法：テンサージョイナーによる接合（接合による強度低下はないため、引張試験の結果は図 3.3 を用いる。）

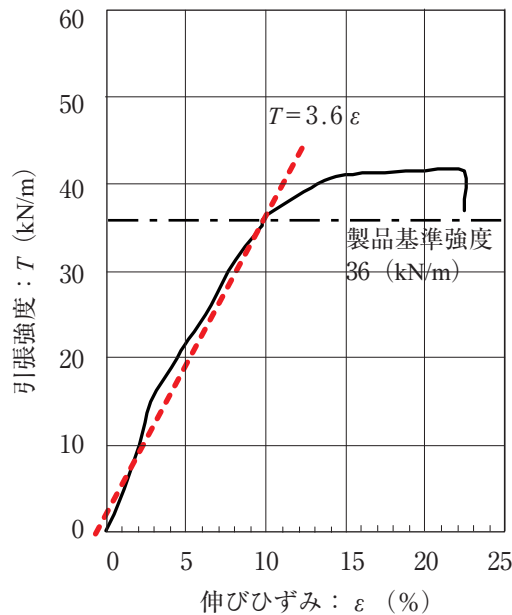


図 3.3 使用するジオテキスタイルの強度特性

①条件 (a) の確認

$$\varepsilon_c = 2.55 (\%) \leq \varepsilon_{\max} = 10.0 (\%) \quad - \text{OK} -$$

②条件 (b) と (c) の確認

$$T = 3.6 \varepsilon \text{ より, } \varepsilon_a = 3.24 (\%) \text{ のときに } T_G (T_{G\text{joint}}) = 11.67 \text{ (kN/m)}$$

$$\text{よって, } T_G (T_{G\text{joint}}) = 11.67 \text{ (kN/m)} \geq T_{\text{req}} = 8.18 \text{ (kN/m)} - \text{OK} -$$

③条件 (d) の確認

$$T_A = \frac{T_{\max}}{F_{cr} \cdot F_D \cdot F_C \cdot F_B} = \frac{36.0}{1.67 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0} = 21.56 \text{ (kN/m)}$$

$$\text{よって, } T_A = 21.56 \text{ (kN/m)} \geq T_{\text{req}} = 8.18 \text{ (kN/m)} \quad - \text{OK} -$$

④まとめ

①, ②, ③より、選んだジオテキスタイルは、表 3.2 の計算結果を満足しているため、このジオテキスタイルを使用する。

4 参考文献

- 1) 毛利栄征, 松島健一, 河端俊典, 藤田信夫, 末永悟志 (2001): パイプライン埋戻し材料のジオグリッドによる一体化効果 – 浅埋設パイプラインの場合 第36回 地盤工学研究発表論文, pp. 2021 ~ 2022
- 2) 毛利栄征, 藤田信夫, 河端俊典 (2001): ジオグリッドで一体化した埋設管の個別要素解析 第36回 地盤工学研究発表論文, pp. 2023 ~ 2024
- 3) 毛利栄征, 河端俊典, 藤田信夫 (2000): 浅埋設パイプラインの限界埋設深に関する研究, 農土論集, 第208号, pp. 127 ~ 135
- 4) 毛利栄征, 藤田信夫, 笠原和正, 水上徹 (2000): 浅埋設パイプラインの土中挙動 – ジオグリッドを用いた大口径パイプラインの浅埋設実証試験, 農土論集, 第207号, pp. 39 ~ 48
- 5) 毛利栄征, 河端俊典, Hoe I.Ling, Lixun Sun (2000): 埋設パイプラインの浮上に伴う限界抵抗力に関する実験的検討, 農土論集, 第205号, pp. 25 ~ 33
- 6) 秀島好昭, 数矢憲一, 石岡浩一, 西川裕司 (1995): 泥炭性軟弱地盤における管路の沈下変形挙動, 農土誌, 63 (12), pp. 1249 ~ 1254
- 7) 数矢憲一, 野澤一博, 石岡浩一, 西川裕司 (1995): 土木シートによる埋設管の浮上防止工法 試験結果, 農土誌, 63 (12), pp. 1255 ~ 1260
- 8) 毛利栄征, 中島賢二郎 (1989): 大口径可とう性パイプの変形と沈下について, 農土論集, 第142号, pp. 9 ~ 18
- 9) 毛利栄征, 藤田信夫, 進藤孝巳 (1999a): 二条埋設パイプラインの挙動について – 大口径たわみ性埋設管による実証実験 –, 農土論集, 第200号, pp. 287 ~ 294
- 10) ジオテキスタイル補強土工法普及委員会 財団法人土木研究センター (2000): ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル (改訂版)

5 参考資料

5.1 浮上防止のための必要最小土被り

設計の参考資料として下記の条件における浮上防止のための必要最小土被りを算定した。

・ 管種，管径

- ダクタイル鋳鉄管 (3 cl) $\phi 1000 \sim \phi 2600$
- 鋼管 (STW400B) $\phi 1000 \sim \phi 3000$
- 強化プラスチック複合管 $\phi 1000 \sim \phi 3000$

・ 計算ケース

CASE I 管直上部の鉛直土圧で抵抗する。(現行設計基準)

CASE II 管側部をジオテキスタイルで一体化させ抵抗する。

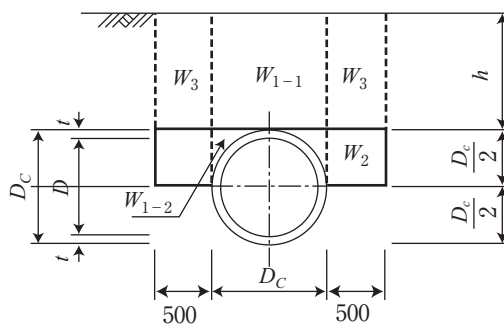
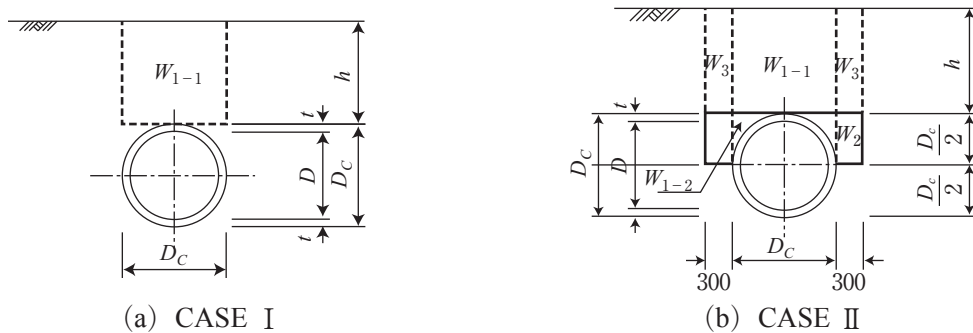
一体化範囲内の材料：砕石，一体化範囲の張出幅 W_{1-1} : 0.3m,

一体化範囲の深さ : 管頂～スプリングライン，一体化率 : F

CASE III 管側部をジオテキスタイルで一体化させ抵抗する。

一体化範囲内の材料：ソイルセメント，一体化範囲の張出幅 : 0.5m,

一体化範囲の深さ : 管頂～スプリングライン，一体化率 : 1.0



(c) CASE III
図 5.1 計算ケース

・土質諸元

地下水位は地表面まであるものとする。

埋戻し土 砂質土 $\gamma_s = 18 \text{ kN/m}^3$ (湿潤), $\gamma_s = 20 \text{ kN/m}^3$ (飽和)

一体化範囲内の材料 砕石 $\gamma_g = 19 \text{ kN/m}^3$ (湿潤), $\gamma_g = 21 \text{ kN/m}^3$ (飽和)

一体化範囲内の材料 ソイルセメント $\gamma_{\text{soil}} = 18 \text{ kN/m}^3$ (湿潤), $\gamma_{\text{soil}} = 20 \text{ kN/m}^3$ (飽和)

表 5.1 必要最小土被りの計算例

呼び径	FRPM 管			鋼管 (STW400B)			DCIP (3cl)		
	CASE I	CASE II	CASE III	CASE I	CASE II	CASE III	CASE I	CASE II	CASE III
1000	0.823	0.344	0.110	0.731	0.293	0.060	0.603	0.210	—
1100	0.905	0.382	0.150	0.823	0.336	0.110	0.675	0.242	0.030
1200	0.987	0.419	0.200	0.892	0.365	0.150	0.746	0.273	0.060
1350	1.111	0.475	0.270	1.006	0.416	0.210	0.841	0.311	0.110
1500	1.234	0.561	0.350	1.120	0.475	0.280	0.948	0.358	0.170
1600	—	—	—	1.189	0.525	0.320	0.995	0.373	0.200
1650	1.358	0.654	0.430	1.235	0.559	0.350	1.030	0.398	0.220
1800	1.481	0.749	0.510	1.349	0.645	0.420	1.131	0.471	0.280
1900	—	—	—	1.418	0.697	0.470	—	—	—
2000	1.646	0.877	0.620	1.486	0.749	0.510	1.271	0.573	0.370
2100	—	—	—	1.555	0.847	0.560	1.342	0.668	0.420
2200	1.810	1.057	0.740	1.646	0.920	0.630	1.426	0.732	0.470
2300	—	—	—	1.715	0.974	0.670	—	—	—
2400	1.975	1.190	0.860	1.783	1.028	0.700	1.544	0.823	0.550
2500	—	—	—	1.875	1.102	0.790	—	—	—
2600	2.140	1.324	0.980	1.944	1.157	0.840	1.706	0.949	0.670
2700	—	—	—	2.012	1.211	0.890	—	—	—
2800	2.304	1.458	1.110	2.081	1.266	0.940	—	—	—
2900	—	—	—	2.172	1.341	1.010	—	—	—
3000	2.469	1.594	1.230	2.241	1.396	1.060	—	—	—

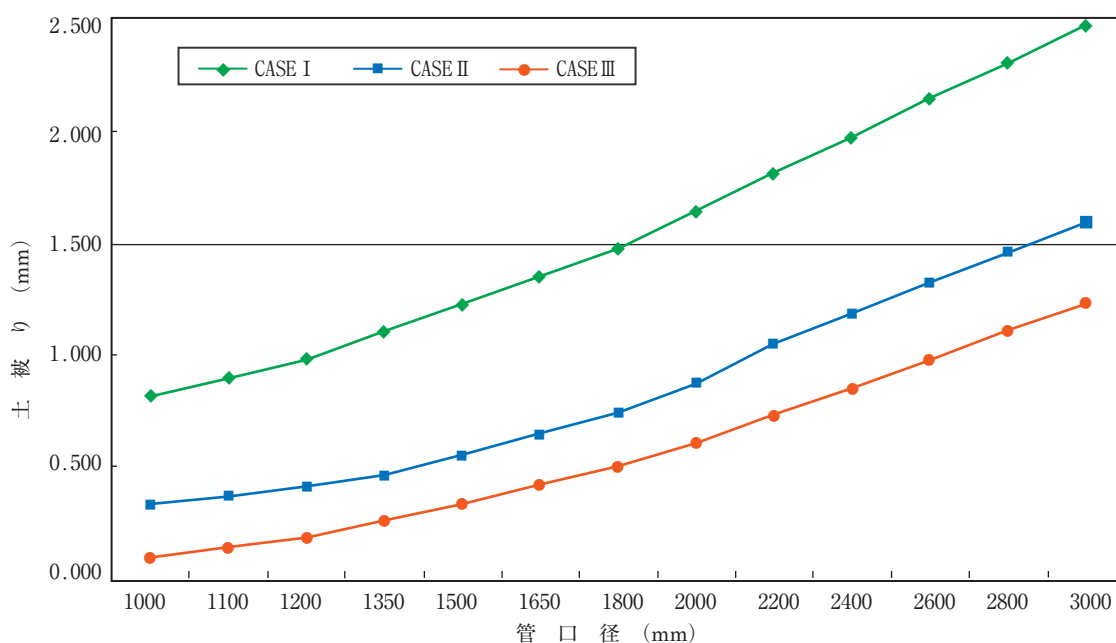


図 5.2 FRPM管の最小土被り

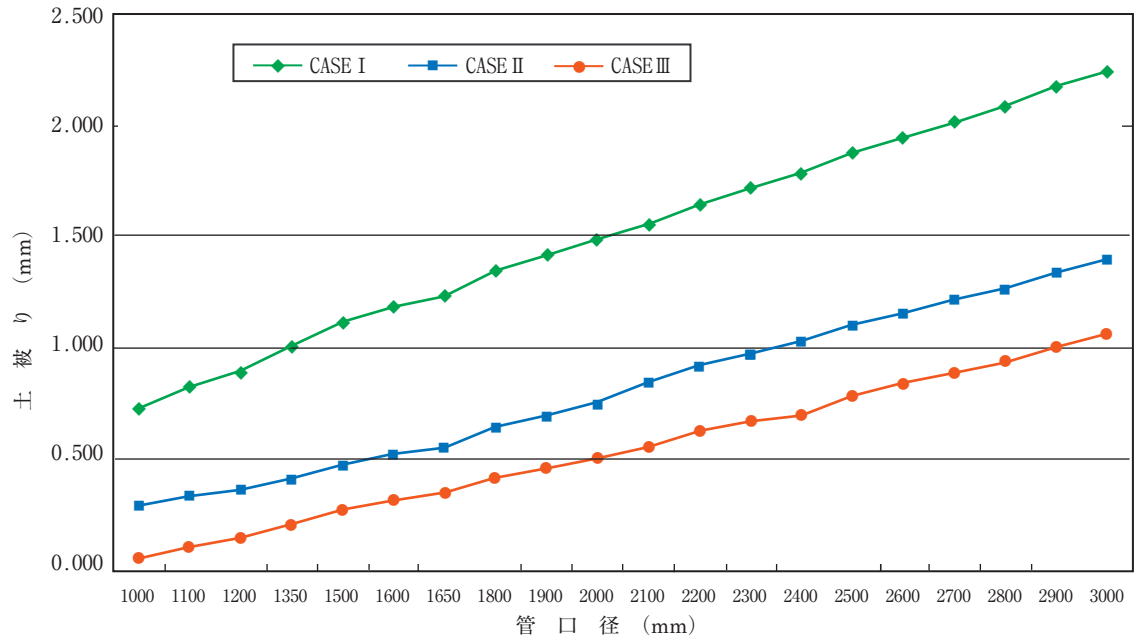


図 5.3 鋼管 (STW400B) の最小土被り

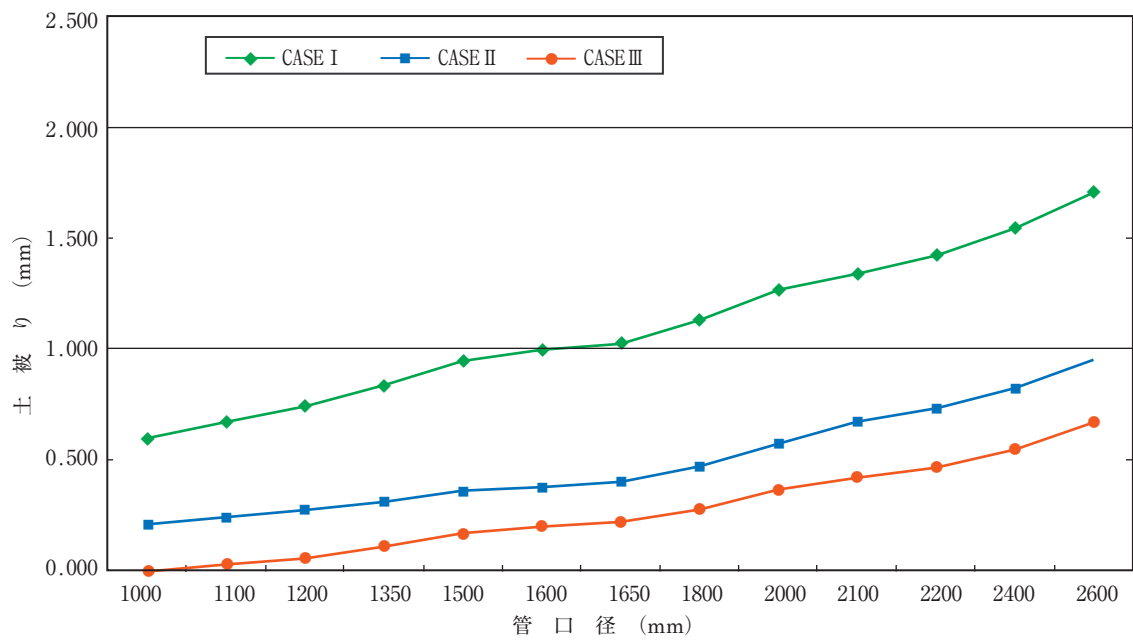


図 5.4 DCIP (3種) の最小土被り

5.2 ジオテキスタイルの規格

5.2.1 テンサーの規格

表 5.2 テンサーの規格一覧 (「建設技術審査証明報告書」より抜粋)

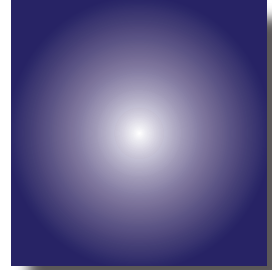
銘柄	寸法			引張強度		材料安全率				材質	延伸
	幅(m)	ロール長(m)	目合(m)	製品基準強度 (縦×横) kN/m	製品基準強度時 ひずみ %	F_{cr}	F_D	F_C	F_B		
SR-35	1	30	166×22	36.0	10.0	1.67	1.0	1.0	1.0	H D P E	一軸
SR-55	1	30	166×22	50.0	9.6						
SR-70	1	30	166×22	60.0	11.1						
SR-80	1	30	166×22	70.0	11.1						
SR-100	1	30	166×22	90.0	10.9						
SR-110	1	30	166×22	100.0	11.0						
SS-1	4	50	28×40	10.0×20.0	6.2×7.3	3.33	1.0	1.0	1.0	P P	二軸
SS-2	4	50	28×40	17.0×30.0	7.6×8.6	3.33					
SS-35	3.5	50	28×33	27.0×37.0	6.8×8.3	2.50					

5.2.2 アデムの規格

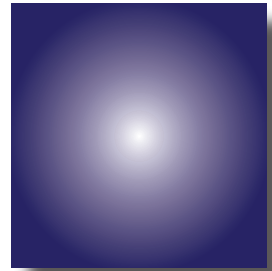
表 5.3 アデムの規格一覧 (「建設技術審査証明報告書」より抜粋)

品番	寸法			引張強度		材料安全率				材質
	幅(m)	ロール長(m)	目合(m)	製品基準強度 kN/m	製品基準強度時 ひずみ %	F_{cr}	F_D	F_C	F_B	
F-80	2.0	50	18×16	75	5.9 (縦)	1.67	1.0	1.0	接続強度の確認が必要※	アラミド繊維
F-100	2.0	50	18×16	90	5.9 (縦)					
F-150	2.0	50	18×16	145	5.9 (縦)					
F-200	2.0	50	18×16	180	6.6 (縦)					
G-35	1.2	30	26×28	32	3.6 (縦)	1.6	1.0	1.0		
G-50	1.2	30	26×28	46	3.6 (縦)					
G-60	1.2	30	26×28	56	3.6 (縦)					
G-80	1.2	30	26×28	77	3.9 (縦)					
G-100	1.2	30	26×28	95	3.6 (縦)					
G-120	1.2	30	26×28	110	3.5 (縦)					

※接続方法としては、ロープ、金具、ベルトなどがある。これらの方法に関しては、接続特性（接続強度など）を確認する必要がある。



【施工編】



6 施 工

6.1 パイプライン浅埋設工法の施工手順

パイプライン浅埋設工法の施工手順を図 6.1 に示す。また、パイプラインの一般的な施工方法として、矢板施工と素掘り施工に大別される。それぞれの場合において、パイプライン浅埋設工法では、施工手順が異なる。以下に、それぞれの場合の施工手順を示す。

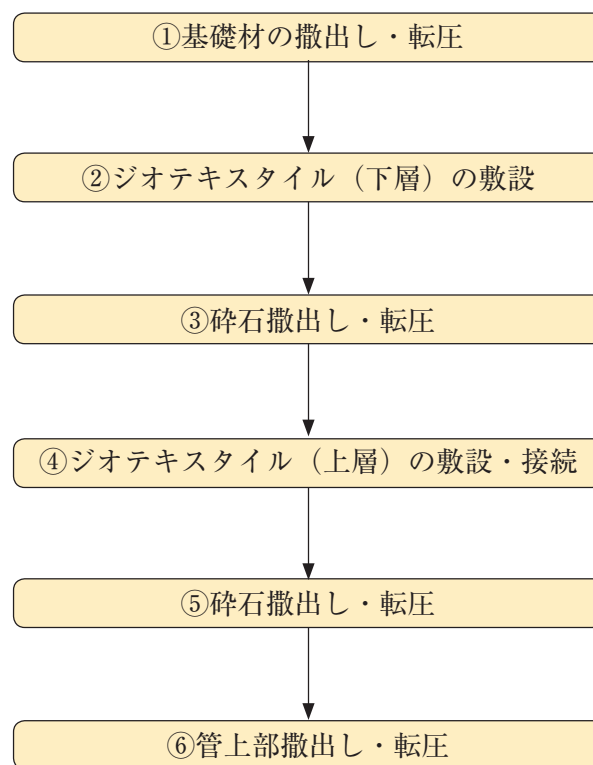
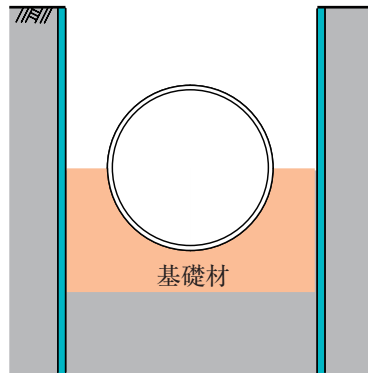


図 6.1 施工手順

6.1.1 矢板施工

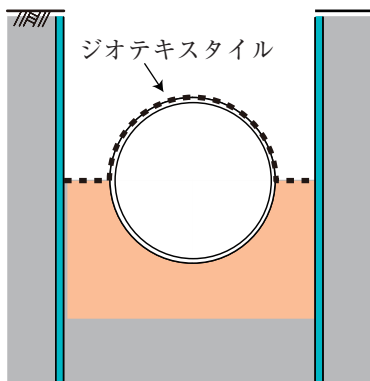
①基礎材の撒き出し・転圧

管を設置し、ジオテキスタイルを敷設する高さまで基礎材を撒き出し・転圧する。



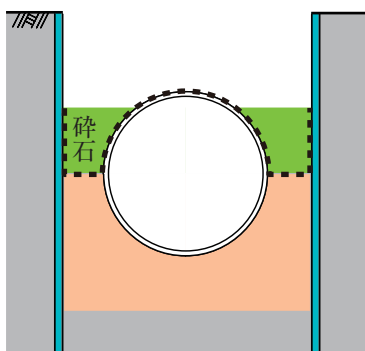
②ジオテキスタイル（下層）の敷設

ジオテキスタイルを管に沿わせて敷設する。※矢板とジオテキスタイルを直接接触しないようにする



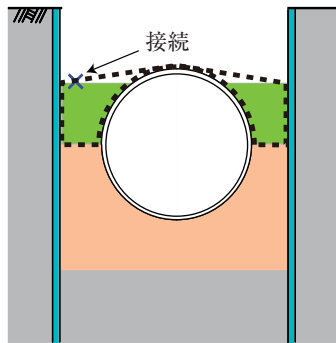
③碎石撒き出し・転圧

下層のジオテキスタイル上に碎石を撒き出し・転圧する。
ジオテキスタイルがずれないように、左右均等に一層ずつ撒き出しを行う。



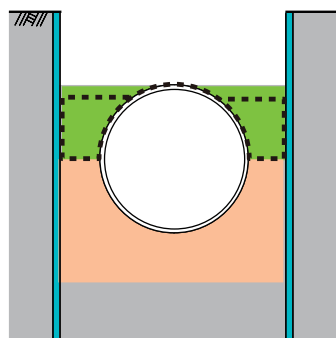
④ ジオテキスタイル（上層）の敷設・接続

管頂より一段下まで碎石層を撒き出し・転圧を行った後に、上部のジオテキスタイルを敷設し、接続する。



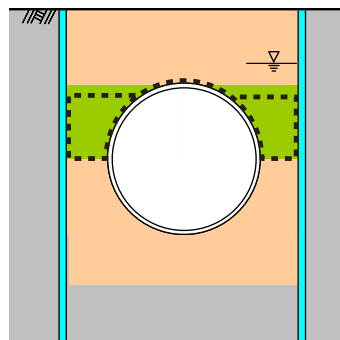
⑤ 碎石撒き出し・転圧

管頂まで碎石を撒き出し・転圧する。矢板の隙間にも基礎材を充填する。



⑥ 管上部撒き出し・転圧

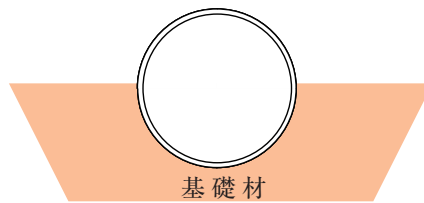
管上部は良質の発生土などを利用し入念に締固める。



6.1.2 素掘り施工1 (簡易矢板を用いる場合)

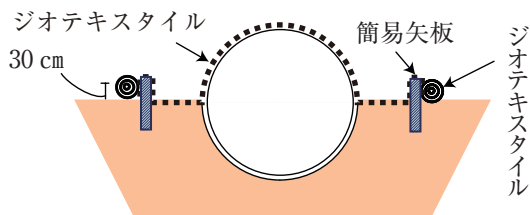
①基礎材の撒き出し・転圧

管を設置し、ジオテキスタイルを敷設する高さまで基礎材を撒き出し・転圧する。



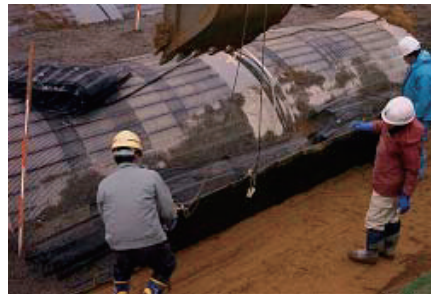
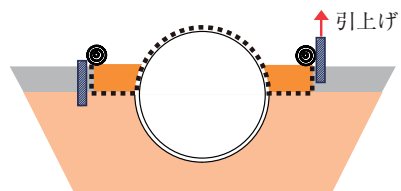
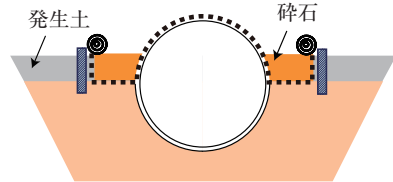
②簡易矢板の設置およびジオテキスタイル（下層）の敷設

簡易矢板を管の長手方向に設置し、根入れして自立させる。ガイド棒を用いると設置しやすい。次に、ジオテキスタイルを管に沿わせて敷設する。



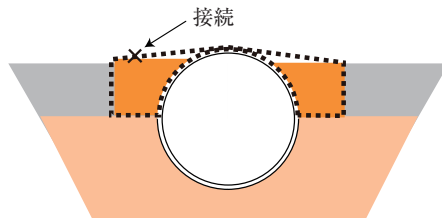
③ 砕石撒き出し・転圧および簡易矢板の引上げ

簡易矢板の外側に発生土を内側に砕石を撒き出し、転圧する。次に、簡易矢板をバックホウなどにより次層の撒き出し高さまで引き上げる。



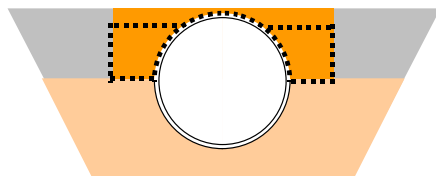
④ ジオテキスタイル（上層）の敷設・接続

管頂より一段下まで砕石層を撒き出し・転圧を行った後に、上部のジオテキスタイルを敷設し、接続する。



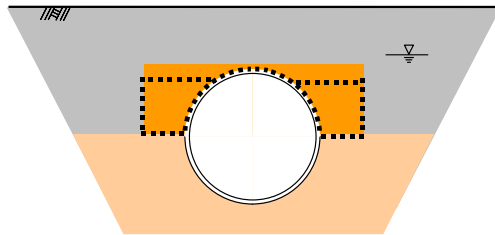
⑤ 砕石撒き出し・転圧

管頂まで砕石を投入し締固める。



⑥管上部撒き出し・転圧

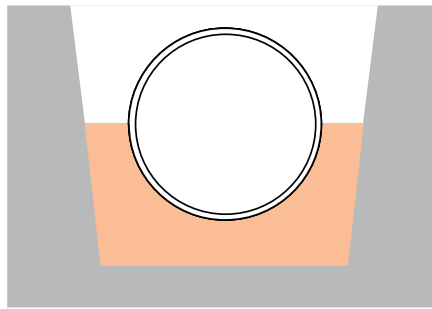
管上部は良質の発生土などを利用し入念に締固める。



6.1.3 素掘り施工2（掘削面に沿わせる場合）

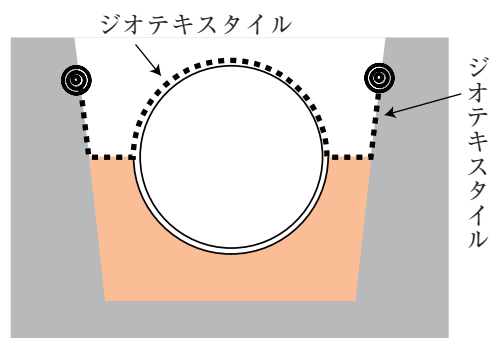
①基礎材の撒き出し・転圧

管を設置し、ジオテキスタイルを敷設する高さまで基礎材を撒き出し・転圧する。



②ジオテキスタイル（下層）の敷設

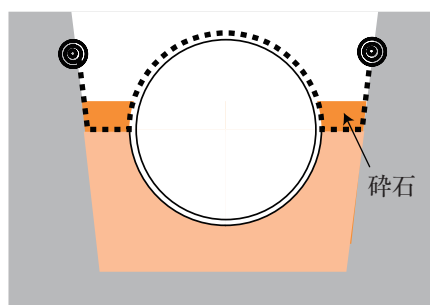
ジオテキスタイルを管に沿わせて敷設する。



③碎石撒き出し・転圧

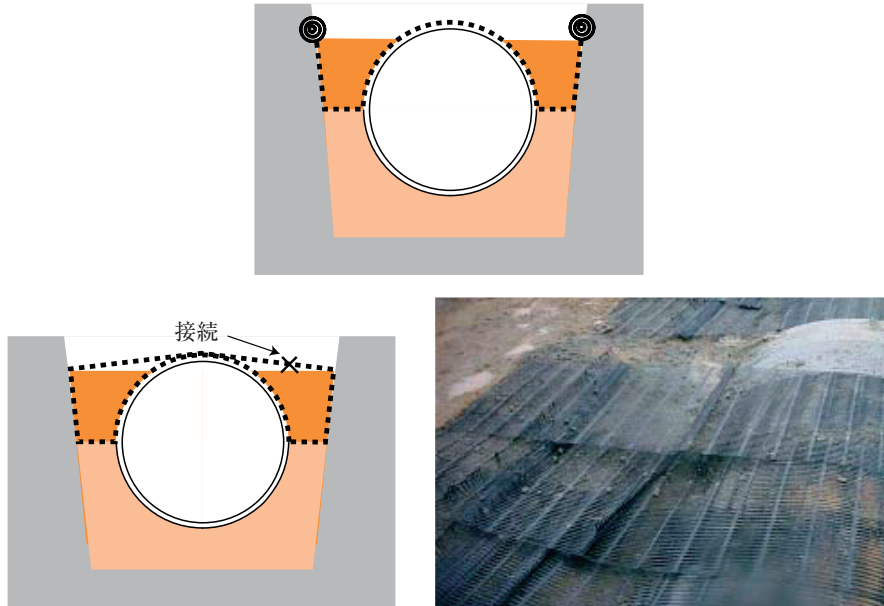
下層のジオテキスタイル上に碎石を撒き出し・転圧する。

ジオテキスタイルがずれないように、左右均等に一層ずつ撒き出しを行う。



④ジオテキスタイル（上層）の敷設・接続

管頂より一段下まで碎石層を撒き出し・転圧を行った後に、上部のジオテキスタイルを敷設し、接続する。



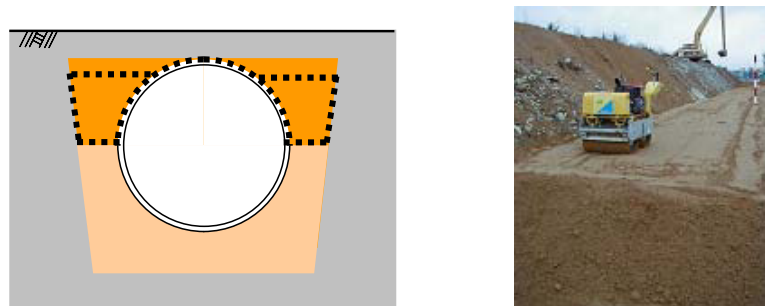
⑤碎石撒き出し・転圧

管頂まで碎石を投入し締固める。



⑥管上部撒き出し・転圧

管上部は良質の発生土などを利用し入念に締固める。



6.2 施工事例

事例 1

事業所	東海農政局新矢作川用水農業水利事業所
施工時期	平成9年度～
管種・口径	FRPM管, $\phi 2400 \times 2$ 連
施工延長	962 m
設計条件	土被り: 1.5 m 一体化範囲内の材料: 碎石 (C30)
標準断面図	<p>(単位: mm)</p>
備考	一体化範囲の抵抗荷重は, 2条配管の両外側については張出幅の上部に可変側溝が設けられているため, この部分の重量を1/2として計算している。また, 管と管の間の上部荷重は, 100%見込んでいる。

事例 2

事業所	東北農政局隈戸川農業水利事業所
施工時期	平成 11 年度
管種・口径	FRPM 管, ϕ 2600
施工延長	487 m
設計条件	土被り : 1.4 m ~ 1.9 m 一体化範囲内の材料 : 碎石
標準断面図	<p>(単位 : mm)</p>
備考	

事例 3

事業所	北陸農政局九頭竜川下流農業水利事業所
施工時期	平成 14 年度～
管種・口径	FRPM 管, $\phi 2800 \times 2$ 連 SP 管, $\phi 2950 \times 2$ 連
施工延長	4474 m
設計条件	土被り: 1.2 m ~ 1.5 m 一体化範囲内の材料: 再生碎石 (RC40)
標準断面図	
備考	

事例 4

<p>事業所</p>	<p>中国四国農政局 四国東部農地防災事務所・那賀川農地防災事業建設所</p>
<p>施工時期</p>	<p>平成 14 年度</p>
<p>管種・口径</p>	<p>FRPM 管, ϕ 2800</p>
<p>施工延長</p>	<p>368 m</p>
<p>設計条件</p>	<p>土被り : 1.4 m 一体化範囲内の材料 : 再生砕石 (RC30)</p>
<p>標準断面図</p>	<p>(単位 : mm)</p>
<p>備考</p>	<p>ϕ 2200 FRPM 管との 2 条配管であり, 管底高を合わせて布設すると ϕ 2800 FRPM 管のみ浮上防止対策が必要となる。</p>

固化処理土の利用

1. 概要

浅埋設工法では、基礎材料に砕石を用いることとしているが、固化処理土を基礎材料として用いることによって、砕石と同等以上の一体効果を確保することができ「固化処理土による浅埋設工法」はパイプの変形抑制や耐震対策としても大きな効果を発揮する。

2. 設計方法

パイプの側部周辺の基礎材料に固化処理土を用いて、パイプと基礎材料をジオテキスタイルで一体化する浅埋設工法の考え方に変更はない。固化処理土が適切な強度を発揮することが十分期待される場合は、固化処理土部分はジオテキスタイルのアンカーとしての機能を発揮し、大きな一体化率を設計値として与えることができる。固化処理土を用いた浅埋設工法の実証試験の結果から、図 2.6, 図 2.12 (再掲) に示すように、張出し幅 (b) が 50 cm を基本として、ジオテキスタイルで包み込んだ管側部 W_2 とその上部の W_3 の範囲の抵抗荷重は一体化率 $F=1.0$ を乗じて求める。ただし、張出し幅 (b) が 50 cm を超える場合や大口径のパイプラインに適用する場合には、実証試験や数値解析によって一体化率を検証することが望まれる。

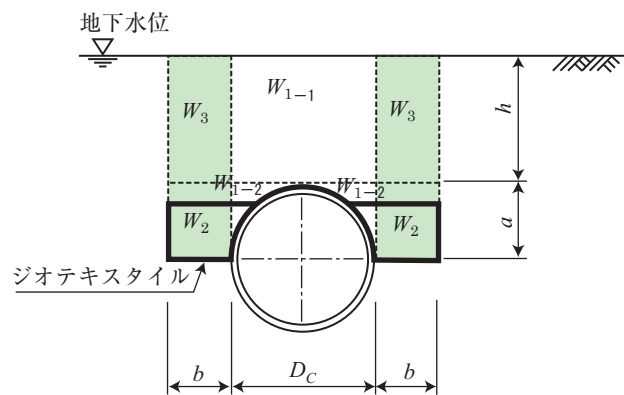


図 2.6 一体化率を考慮する対象範囲 (再掲)

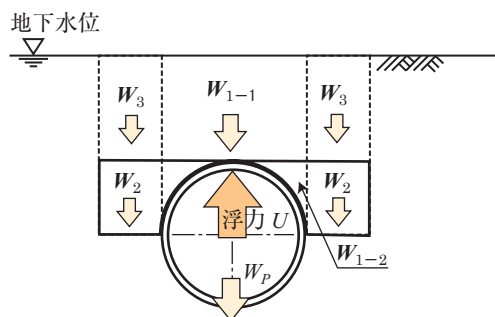


図 2.12 浅埋設工法の力のつりあい (再掲)

$$S \leq W / U \quad \dots\dots\dots \text{(式 2.2 と同じ)}$$

$$U = \pi / 4 \cdot D_c^2 \cdot W_0 \quad \dots\dots\dots \text{(式 2.3 と同じ)}$$

$$W = W_{1-1} + W_{1-2} + F \cdot (W_2 + W_3) + W_p \quad \dots\dots\dots \text{(式 2.5)}$$

3. 固化処理土の強度

浅埋設工法に固化処理土を用いる場合には、ジオテキスタイルが固化処理土から引抜けないように十分な強度を有するとともに、パイプライン基礎材料としての変形抑制のための剛性を有していなければならない。ジオテキスタイルと固化処理土の直接的な引抜け抵抗力の具体的な強度については、別途試験によって求める必要があるが、一般的に図 6.2 に示すようにジオテキスタイルを固化処理土の中に折り込むことによって十分な抵抗力を確保することが可能である。また、目標強度については、現場で発揮される強さとして一軸圧縮強さ 100 ～ 500 KN/m² を目標とする。一軸圧縮強さが、100 KN/m² 程度確保されていれば、液状化に対しても安定していることや直径 2000 mm を超える大口径パイプラインの基礎材料として 200 KN/m² を現場強度として採用している実績などから、妥当な設計強度と考えられる。したがって、矢板土留を用いた直径 3,000 mm 以下の大口径パイプラインに対しては、現場の一軸圧縮強さが、200 KN/m² 程度を目標強度とする。また、必要以上の強度の固化処理土を用いることは、パイプラインの可撓性を阻害するだけでなく、隣接工事等の施工性にも大きな影響を及ぼすこととなるので、上限を 500 KN/m² 程度に設定することが望ましい。

固化処理土の一軸圧縮強さは、28 日強さを持って表しているが、パイプラインの施工中の安全性を考慮すると、矢板の引抜き時にも十分な強度が発現されている必要がある。矢板引抜き時の土被りと発現されている強度の関係から、矢板引抜き時期を設定する必要がある。

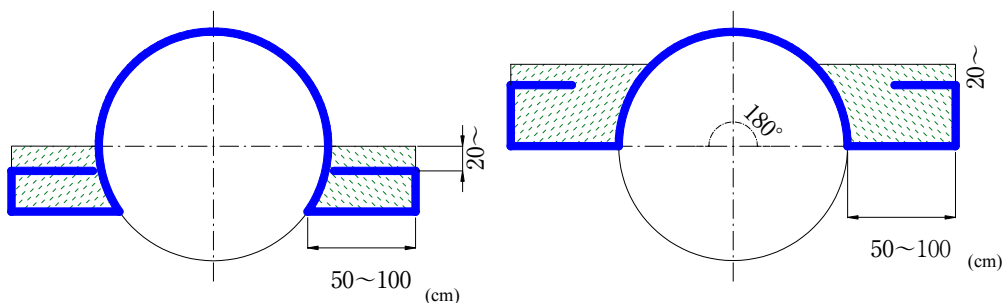


図 6.2 固化処理土を用いた浅埋設工法のグリッドの設置方法

注：張出し幅は、1,000mm までの実績がある。

4. 固化処理土の配合

固化材の選定は、適切な強度を確保する上で重要である。基礎材料に使用する母材の種類によっては、強度の発現傾向が異なるため室内試験によって材齢と強度の関係を確認して、所定の強度が得られる配合を決定する必要がある。固化材の添加量は、改良土量に対する必要な固化材量として、自然含水比の湿潤密度 1 m³ に対する固化材量 (kg/m³)、あるいは重量百分率 (%) で表す。配合試験では、母材の含水比や粒土分布、有機物の混入状態、pH や実績などを参考にして 4 ～ 6 水準

の添加量を設定して強度確認試験を行う。現場での固化材の添加量は、室内試験で得られている改良目標強度を基に、現場での混合効率や締固めの不均一性を考慮した強度低減率、すなわち（現場／室内）強度比を用いて現場施工における条件の違いを調整する。軟弱な母材を対象としたセメントによる改良の場合については、（現場／室内）強度比が0.3～0.7という値がセメント協会から示されているが、母材や現場環境によって大きく影響を受けるので事前に試験によって確認する必要がある。

参考文献

- 1) セメント系固化材による地盤改良マニュアル，社団法人セメント協会

事例

固化処理土を基礎材とした場合

事業所	関東農政局両総農業水利事業所
施工時期	平成9年度
管種・口径	SP管, ϕ 2500
施工延長	224 m
設計条件	土被り 1.0 m 一体化範囲内の材料：ソイルセメント
標準断面図	<p>(単位：mm)</p>
備考	



施工事例（ソイルセメントによる埋戻し中，施工幅 100cm）

参考資料 2

浅埋設工法の耐震性能について

1. 概 要

地中に埋設されるパイプラインは、日本海中部地震をはじめ多くの大規模地震時に特徴的な被災を受けている。パイプラインの地震時の被災調査の結果によるとその被災状況は、構造物とパイプの接続部の離脱やパイプの浮上、蛇行に代表される。これらの被災を受けたパイプラインは、埋戻しには砂質材料を用いており、締固度は概ね 90% を下回っている。北海道南西沖地震でパイプが地表面まで浮上した地区の基礎材料の液状化強度比応力比は 0.12 であったことから、同様に施工されている多くのパイプライン基礎材料の液状化抵抗力はそれほど高くないものと推測される。一方、浅埋設工法では基礎材料に砕石を用いることを原則としていることから、基本的に液状化は生じないか、あるいは初期的な液状化に留まり大きな流動を伴うような現象は発生しないものと考えられている。さらに、砕石部分はジオテキスタイルで覆われて変形を拘束されているために、さらに大きな液状化抵抗力が付与されていると考えられる。

2. 耐震性確認のための震動実験

砕石 (C40) を用いた浅埋設工法の地震時挙動を確認するための震動実験のモデルを図 6.4 に示す。パイプ周辺の地盤が全て完全に液状化する場合を想定した極めて厳しい条件での実験である。実験後の浮上の様子を示した図 6.5, 6.6 でわかるように通常の埋戻し方法で施工されたパイプライン (Model 2) は地表面まで浮き上がっているが、写真左側の地表面に見える浅埋設施工 (Model 3) の砕石部分は若干の隆起があるもののパイプが露出するような大きな動きは生じていない。



図 6.3 地震によって浮上したパイプ

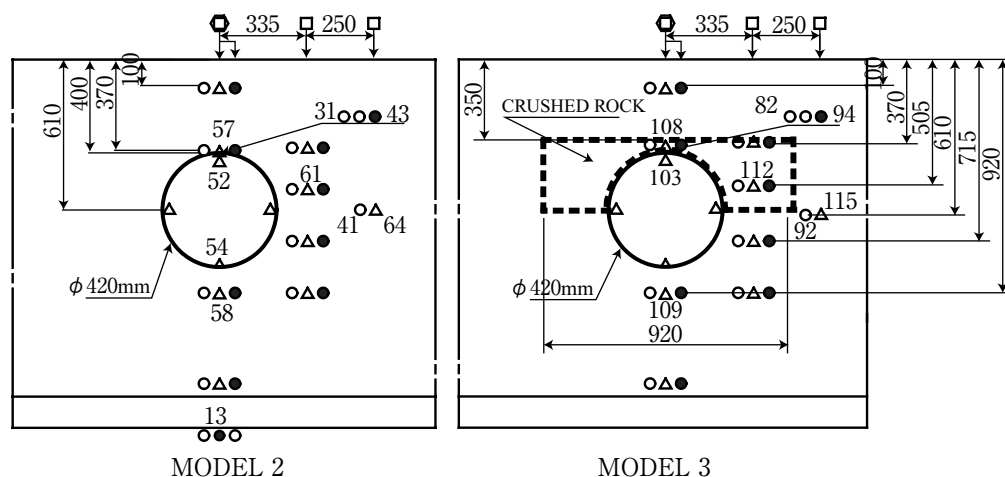


図 6.4 パイプの浮上抵抗力に関する震動実験モデル

パイプの直径 400 mm, 埋設深さ 370 mm

パイプの浮上量を直接計測したデータを図 6.7 に示す。砂を用いた通常の埋戻方法 (Model 2) の場合は、地震動によって急速に浮上し完全に地表面に露出している。一方、碎石を用いた浅埋設工法 (Model 3) は、90 mm 程度の浮上が生じているが、浮上速度は次第に遅くなり最終的には浮上を停止している。浅埋設工法の変形状況のスケッチを図 6.8 に示す。ジオテキスタイルで覆われた碎石部分は、ほぼ一体となっており全体がパイプのアンカーとして機能していることがわかる。碎石部分は全く液状化せず大きな変形を生じていないことは、パイプの浮上だけでなく蛇行や変形を抑制できる機能が確保できていたことを意味しており、本浅埋設工法は、地震時に周辺地盤が液状化する場合にも安定性を確保できる工法であることがわかる。

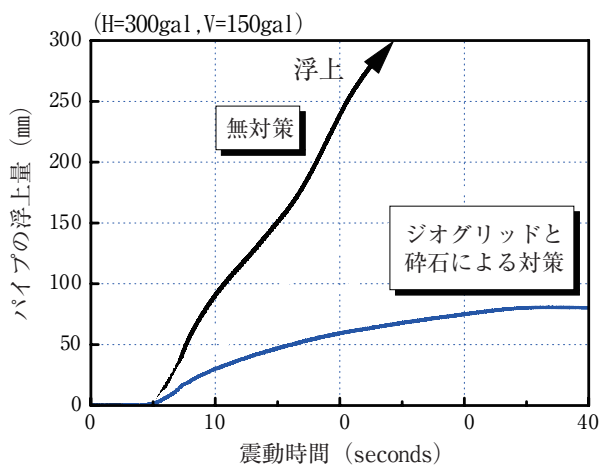


図 6.7 パイプの浮上量の比較

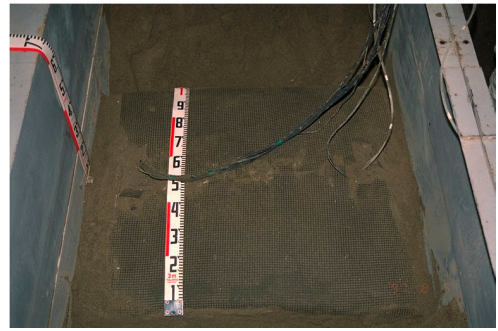


図 6.5 浮上しなかった浅埋設工法によるパイプ

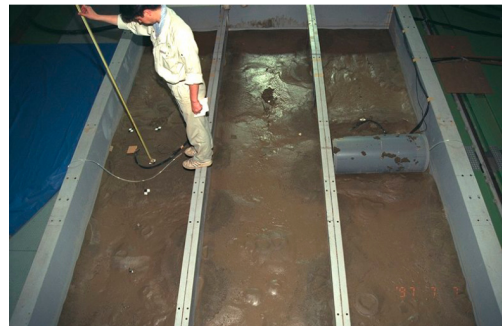


図 6.6 震動実験によって浮上したパイプ

右端のパイプは無対策の Model 2, 左端の浮上量計測中のパイプが浅埋設工法による Model 3

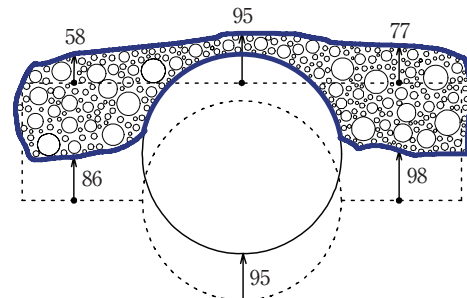


図 6.8 周辺地盤が液状化した場合のパイプの変化 (浅埋設工法 Model 3)

3. 浅埋設工法の特徴

- (1) 周辺地盤が液状化した場合にもジオテキスタイルで包まれた部分は液状化しないので、地震時の安全性向上効果がある。
- (2) 構造物の浮上や沈下に対して大きな抵抗力を発揮する。

4. 埋戻し材の選定

透水係数の高い碎石等の材料によってパイプラインの埋戻しを行うことで、地震時に生じる過剰間隙水圧を消散させ、液状化の発生とパイプの浮上や蛇行などの大きな変状を防止することができる。このため、使用する碎石等の材料には、砂分や細粒分が多く含まれた透水係数の低い材料では

対策効果が得られないため、埋戻材料としては透水係数の高い材料を選定する必要がある。港湾の基準（1997）では、透水係数の判断基準として、3 cm/sec 以上の液質土であれば液状化しないとされている。

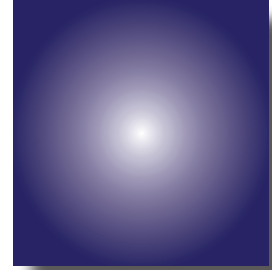
さらに、セメント改良土を用いる場合については、一軸圧縮強さが 50 ～ 100 kN/m² であれば液状化の可能性が低いとされている。

5. 施工について

- (1) パイプの埋戻には、砕石等の礫材料を用いて十分な締固めを行う。
- (2) 使用する砕石は、平均粒径（D50）が 10 mm 以上で、10% 粒径（D10）が 1 mm 以上の粒度を有するものを目安とする。
- (3) 砕石の施工範囲は、管頂部から管側・管底部の範囲を主として、パイプの浮上に抵抗する重量を確保する。
- (4) 管上部の埋戻部分に砕石を用いることは、液状化に伴う間隙水圧を消散する効果が期待されるので地震時の安定性が向上する。

参考文献

- 1) 北海道南西沖地震によるパイプラインの被災状況について、第 29 回土質工学研究発表会発表講演集, p203-204, 平成 6 年 6 月 (1994/06), 毛利栄征, 浅野勇, 安中正実, 谷茂
- 2) 埋設管の浮上に関する振動台実験 (その 1), 第 33 回地盤工学研究発表会, p983-984, 平成 10 年 7 月, 毛利栄征, 河端俊典, H.I.Ling
- 3) 埋設管の浮上に関する振動台実験 (その 2), 第 33 回地盤工学研究発表会, p985-986, 平成 10 年 7 月, 毛利栄征, 河端俊典, H.I.Ling
- 4) Experimental Study on the Effects of Vertical Shaking on the Behavior of Underground Pipelines,,Second International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering,EARTHQUAKE GEOTECHNICAL ENGINEERING-INTERNATIONAL CONFERENCE VOL.2 2ND,p489-494,1999/06,Y.Mohri,T.Kawabata,H.I.Ling



【積算編】



7 積算

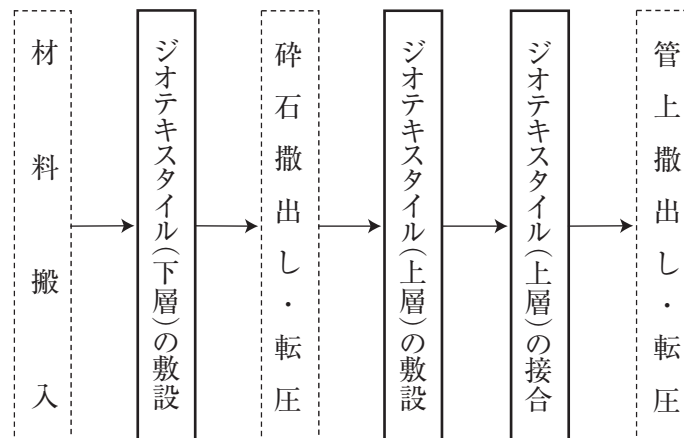
7.1 ジオテキスタイル工

7.1.1 適用範囲

本資料は、ジオテキスタイルを用いたパイプラインの浅埋設工法の浮上防止対策として設置するジオテキスタイル工（ジオテキスタイルの敷設、ジオテキスタイルの接合）に適用する。ただし、軟弱地盤対策における敷設材工法、補強盛土工法及び補強土壁工法は適用範囲外とする。

7.1.2 施工概要

施工フローは、下記を標準とする。



(注) 1. 本歩掛で対応しているのは実線部分のみである。

7.1.3 編成人員

各作業における編成人員は、次表を標準とする。

表 7.1 編成人員

作業名	世話役	普通作業員
ジオテキスタイル敷設	1	2
ジオテキスタイル接合	1	2

(注) 1. 上表におけるジオテキスタイル敷設とは、ジオテキスタイル（下層）の敷設、ジオテキスタイル（上層）の敷設の両方を含んだものである。

7.1.4 施工歩掛

(1) ジオテキスタイル敷設工

① ジオテキスタイル敷設工1日当り施工量 (D_1)

ジオテキスタイル敷設工1日当り施工量は次表を標準とする。

表 7.2 1日当り施工量 (D_1) (1日当り)

名称	単位	数量
ジオテキスタイル敷設	m ²	353

(注) 1. 上表におけるジオテキスタイル敷設とは、ジオテキスタイル(下層)の敷設、ジオテキスタイル(上層)の敷設の両方を含んだものである。

2. パイプラインの施工方法(素掘り施工、矢板施工など)に関係なく適用する。

3. ジオテキスタイル敷設に伴う移動手間(小運搬)を含む。

(2) ジオテキスタイル接合工

① ジオテキスタイル接合工1日当り施工量 (D_2)

ジオテキスタイル接合工1日当り施工量は次表を標準とする。

表 3 1日当り施工量 (D_2) (1日当り)

名称	単位	数量
ジオテキスタイル接合	m	57

ただし、施工単位はジオテキスタイルを接続する箇所の高さを示す。

7.1.5 単価表

① ジオテキスタイル工内訳書

名称	規格	単位	数量	摘要
ジオテキスタイル		m ²		必要数量を計上する。
接合材料		m		必要数量を計上する。
ジオテキスタイル敷設		m ²		②単価表
ジオテキスタイル接合		m		③単価表

② ジオテキスタイル敷設 100 m² 当り単価表

名称	規格	単位	数量	摘要
世話役		人	1 × 100 / D_1	表 7.1 表 7.2
普通作業員		人	2 × 100 / D_1	表 7.1 表 7.2
計				

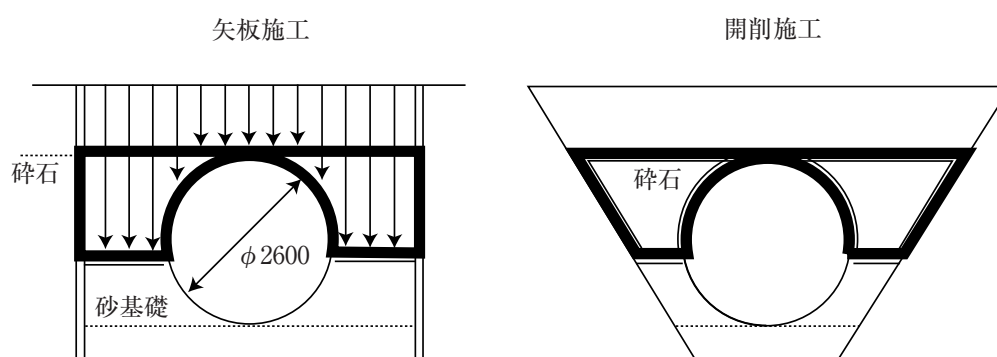
③ジオテキスタイル接合延長10 m当り単価表

名 称	規 格	単 位	数 量	摘 要
世 話 役		人	1 × 10 / D ₂	表 7.1 表 7.3
普 通 作 業 員		人	2 × 10 / D ₂	表 7.1 表 7.3
計				

7.1.6 パイプラインの浅埋設工法に係る工法特許

パイプラインの浅埋設工法の施工方法は、特許対象の工法となっている。その概要は以下の通りである。

- ① 特 許 名：ジオテキスタイルによる地中構造物の浅埋設工法
- ② 特 許 取 得 者 名：独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農業工学研究所
- ③ 特許登録番号と登録日：特許第 3314191 号 … (特許権) - 平成 14 年 6 月 7 日登録
特願 2005-317188 … (特許出願中) - 平成 17 年 10 月 31 日提出
- ④ 特 許 工 法 の 概 要：ジオテキスタイルなどのネットを用いてパイプと地盤を一体化させることによって、パイプの浮上に対する抵抗性を確保し耐震性を向上される工法。その内、特許第 3314191 号は、土留工施工による浅埋設工法、特願 2005-31788 は、素掘り（オープン）施工による浅埋設工法である。
- ⑤ 特 許 使 用 料：地中構造物に係わる直接工事費（土工事、基礎工事、管体工事、土留工事）の 0.6% を必要とする。尚、特願 2005-317188 対象工法についても同様に 0.6% を必要とする。
- ⑥ 概 要 説 明 図



上記の特許の対象となる工法は、ジオテキスタイルを用いて管水路等の浮上防止対策を行った場合は、すべて特許の対象工法となる。

パイプラインの浅埋設工法

—ジオテキスタイルによる地中構造物の浅埋設工法—

設計・施工・積算指針（案）

【発行日】 平成19年3月

【編集】 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
農村工学研究所 土質研究室

【企画・発行】 社団法人 農業農村整備情報総合センター

〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町2-3
電話 03 (5695) 7177
<http://www.aric.or.jp>

無断複製を禁ず

