

液状化抑制対策技術
アースドレーン工法
技術積算資料

アースドレーン工法協会

まえがき

早いもので東日本大震災から 10 年もの歳月が過ぎました。しかしいまだ原発等諸問題が山積み状態であり、決して忘れる事ではありません。早く完全復興することを願います。

ところで平成 17 年に発足した当協会も 17 年目に入りました。つきましては、今まで皆様方のご協力とご理解のもとに当協会も発展して来ました事をお礼申し上げます。

さて、令和元年に改定しましたアースドレーン工法の技術積算資料の八度目の改定をいたしました。

施工実績も数多くなり現在に至っておりますが、今後さらに実績を重ね多方面又、皆様方の液状化対策への需要に充分に答えることが出来るよう、努力をして行く所存であります。

環境の整備、保全こそが現在最も求められていることから、これらの要望に応えることこそがアースドレーン工法に与えられた使命であると協会発足以来考えており、より一層技術等を磨いてまいりたいと考えております。

アースドレーン工法協会

- ・ 建設技術審査証明（下水道技術）

 - 「アースドレーン工法」

 - （液状化現象によるマンホール浮上抑制技術）

 - 2017 年 3 月 7 日 建設技術審査証明 第 1614 号

 - （建設技術審査証明事業実施機関：公益財団法人 日本下水道新技術機構）

- ・ NETIS

 - 「アースドレーン工法」

 - 登録番号 CB-050003

I 篇

【アースドレーン工法】

設 計 指 針

Ⅱ篇

【アースドレーン工法】

仕 様 書

Ⅲ篇

【アースドレーン工法】

積 算 書

I 篇 アースドレーン工法設計指針

1. 地震による液状化	-----	1
2. 工法の基本原理	-----	2
(1) 間隙水圧消散工法	-----	2
(2) マンホールの浮上抑制原理	-----	3
3. アースドレーン工法の設計概要	-----	4
(1) 設計の考え方	-----	4
(2) 設計条件の設定	-----	5
1) 土質条件	-----	5
2) 想定入力要素	-----	8
3) ドレーン材の要素	-----	11
(3) ドレーン埋設間隔の決定手順	-----	12
(4) ドレーン影響半径計算	-----	13
4. ドレーン埋設位置の決定 設計例	-----	15
(1) ドレーン影響半径の計算	-----	15
(2) ドレーン埋設位置の決定	-----	17
5. ドレーン頭部処理方法	-----	18
(1) 「砕石消散帯型」	-----	18
(2) 「消散管型」	-----	18
(3) [消散方法別 施工例]	-----	19
1) (砕石消散帯型)	-----	19
2) (消散管型)	-----	20
3) (ボックスカルバート消散帯型)	-----	22
4) (ボックスカルバート消散管型)	-----	24
5) (管路部消散型)	-----	25
参考文献	-----	26

Ⅱ 篇 アースドレーン工法仕様書

1. アースドレーン工法の特徴	-----	27
2. アースドレーン工法の仕様	-----	28
(1) 適用範囲	-----	28
(2) 使用機械	-----	28
1) ドレーン打設機械	-----	28
2) 穿孔補助掘削装置	-----	30
(3) 使用材料	-----	31
(4) 設計方法	-----	32
1) アースドレーン工法設計基準	-----	32
2) 浮上検討	-----	32
3) 影響半径	-----	33
3. アースドレーン工法の施工方法	-----	34
(1) 施工方法	-----	34
(2) ドレーン埋設標準	-----	35
1) ドレーン埋設位置	-----	35
2) 埋設物近接のドレーン施工	-----	35
3) ロッドオーガーの採用基準	-----	35
4) 標準ドレーン打設不可の範囲	-----	36
5) ドレーン打設不可時の対応（施工中）	-----	36
6) 人孔外周部が現地盤の場合の浮上検討	-----	36
7) ドレーン打設機作業可能範囲	-----	37
(3) 出来形管理	-----	38
1) ドレーン深度	-----	38
2) ドレーン上部深度	-----	38
3) ドレーン下部深度	-----	38
4) ドレーン埋設位置（埋設間隔）	-----	39
(4) 施工記録	-----	40
(5) 標準配置図	-----	40
(6) 写真管理	-----	41
(7) 品質管理	-----	42

Ⅲ 篇 アースドレーン工法積算書

1. アースドレーン工法の積算概要	-----	4 3
(1) 積算基本構成	-----	4 3
(2) 積算の基準	-----	4 4
2. アースドレーン工法の積算	-----	4 5
(1) 工期の算出	-----	4 5
1) 機材の搬入日数、撤去搬出日数	-----	4 5
2) ドレーン打設日数 (DN) の算定	-----	4 5
3) ドレーン打設時間 (T) の算定	-----	4 6
4) 実作業時間	-----	4 9
5) 供用日の算定	-----	4 9
(2) 標準ドレーン材料	-----	5 0
(3) 先端ビット (アンカー)	-----	5 0
(4) 機械工具消耗材料費	-----	5 1
(5) 人員構成及び単価	-----	5 2
(6) 標準機械の構成及び損料	-----	5 3
(7) 動力・用水費	-----	5 6
(8) 仮設費	-----	5 6
(参考資料)		
頭部処理工	-----	5 6
3. 間接工事費	-----	5 7
(1) 運搬費	-----	5 7
(2) 準備費	-----	5 7
(3) 安全対策費	-----	5 7
(4) 役務費	-----	5 7
(5) 技術管理費	-----	5 7
(6) 営繕費	-----	5 8
(7) 現場管理費	-----	5 8
(8) 一般管理費	-----	5 8
4. 単 価 表	-----	5 9

(参考資料)

頭部処理工（人孔内消散管型）	-----	6 2
既設マンホール	-----	6 2
新設マンホール	-----	6 2

I 篇 アースドレーン工法設計指針

1. 地震による液状化

緩い飽和砂質地盤において、地震などの繰り返し荷重を受けて地盤中の間隙水圧が上昇することにより有効応力が減少してせん断強度を失う現象を **液状化** と呼ぶ。

我が国において液状化による被害が始めて広く認識されたのは、1964年の新潟地震である。新潟地震では、液状化によりアパートの倒壊、橋桁の落下等の被害が生じた。また、地震前後の空中写真を比較することにより、液状化に伴う地盤の流動で数mを上回る大きな残留水平変位が発生したことが明らかにされている。最近の地震でも、1995年兵庫南部地震では埋め立て地を中心として広範囲にわたり液状化及び地盤の流動が発生し、多くの構造物が被災した。また、2000年の鳥取県西部地震、2001年の芸予地震、2004年の新潟中越地震、さらに2007年の能登半島地震でも液状化とそれに伴うマンホールの浮上被害の発生が報告されている。

液状化による被害

(1) 地盤の沈下

液状化した地盤は、間隙水を噴出し、圧縮されることにより地表が沈下する。道路盛土、河川堤防等の土構造物の基礎地盤に液状化が発生すると、堤体の沈下、クラックの発生等の被害が生じる。また、一般に、液状化による地盤沈下は一様なものではないため、地盤上の構造物は不同沈下の影響を受ける。

(2) 地盤の支持力の低下

地盤内の有効応力の減少に伴い、地盤の支持力が低下する。新潟地震における、昭和大橋の落橋被害は、このような支持力の低下と後述する地盤の流動によるものと考えられる。昭和大橋では杭基礎(鋼管杭)の引抜き調査が行われたが、その結果によれば液状化層中で杭体の変形が生じたことが確認されている。

(3) 地盤の流動

液状化により有効応力が失われると、地盤は液体と同じような挙動を起こすため、地表面に勾配がある場合、地盤は水平方向に変位する。また、護岸等が移動することにより背後の地盤が側方の支持力を失った場合も地盤は大きく水平方向に変位する

(4) 地中構造物の浮上

地盤が液状化することにより、見かけの比重が軽い構造物には浮き上がり被害が発生する。中越地震に於いては、1453個のマンホールが浮上した。能登半島地震に於いても100個以上のマンホールが浮上している。

2. 工法の基本原理

(1) 間隙水圧消散工法

アースドレーン工法は液状化対策工法の中で過剰間隙水圧消散工法に分類されるもので、地盤内に人工材料のドレーンを埋設して排水性を高め、地震動に伴うせん断力によって発生する過剰間隙水圧を速やかに消散させることにより、過剰間隙水圧の蓄積を少なくし地盤の液状化を防止する事を基本原理とする。

また、本工法は、間隙水圧消散工法の中でもマンホールの周囲に人工ドレーンを埋設して、マンホールの浮上を抑制できる事の特徴とする。

液状化の発生を抑制する対策の原理と分類を「下水道施設の耐震対策指針と解説 2014年版」より図-1に示す。 参考文献：(1)

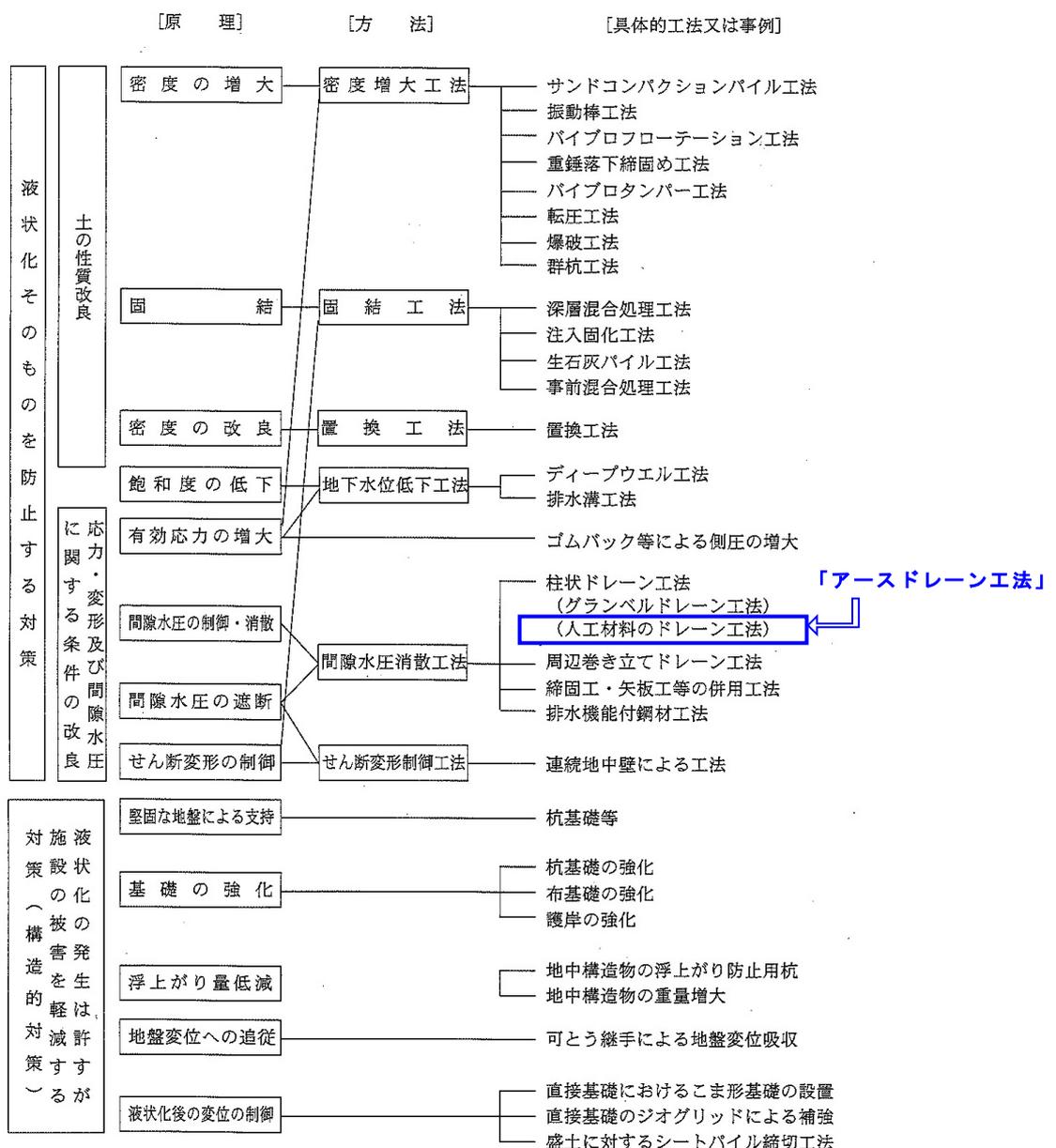


図-1 液状化対策の原理と方法

(2) マンホールの浮上抑制原理

液状化によって発生する被害に地中構造物（マンホール等）の浮上現象が有る。この現象は図-2に示すように、比重の軽いマンホールなどが過剰間隙水圧による揚圧力の上昇を底面に受ける事と、地盤のせん断応力の減少によるマンホール側壁と地盤との周面摩擦力が減少する事によって発生する。

このような浮上現象は現地盤の土質に関らず埋戻し土の透水性と締め固め度に起因する事が多く、周囲の現地盤が不透水層のような液状化危険地盤ではなく、また普段の地下水位が低い場合でも、雨水がマンホール周りに溜まると、液状化の条件がそろい浮上の危険性が高くなる。

液状化未対策

過剰間隙水圧により揚圧力が上昇し摩擦力も減少するため、マンホールが浮上する。

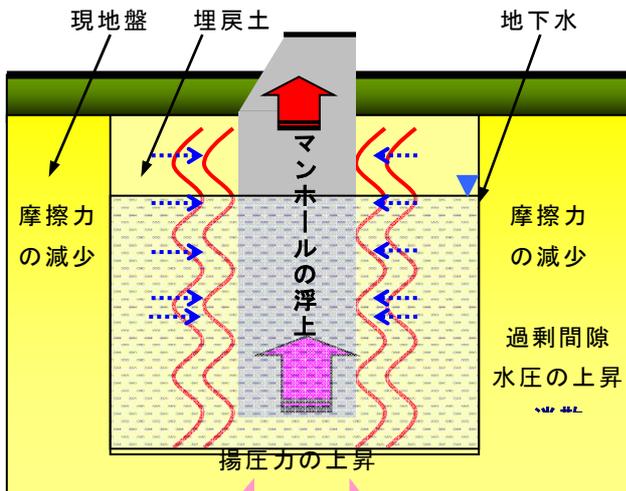


図-2 マンホールの浮上現象

液状化対策

人工ドレーンにより過剰間隙水圧が消散され摩擦力が保持できるため、マンホールの浮上抑制出来る。

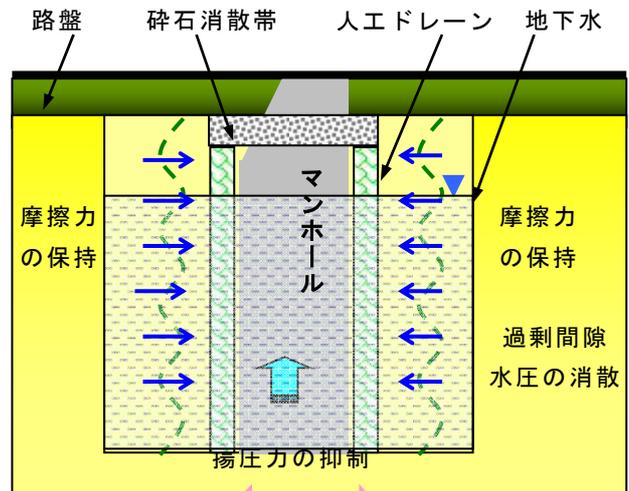


図-3 浮上抑制効果

本工法は図-3に示すように、液状化によって発生する過剰間隙水圧を速やかに消散させるために、マンホールの周囲に透水性の高い人工ドレーンを埋設する。この人工ドレーンの消散効果によりマンホールに作用する揚圧力は減少し、地盤のせん断応力の減少は抑えられ、摩擦力が保持されマンホールの浮上を抑制する事ができる。

3. アースドレーン工法の設計概要

(1) 設計の考え方

本工法の設計手法は従来のグラベルドレーン工法と人工材料によるドレーン工法の設計手法を基にしており、これによりマンホールの浮上を抑制する。

「グラベルドレーン工法は、砕石などの高い透水性を有する材料からなるドレーンを砂質地盤中に柱状または壁状に打設し、地震時に発生する過剰間隙水圧の上昇を抑制するとともに、消散を早めて地盤の液状化を防止する工法である。

人工材料によるドレーン工法はドレーン材料に人工の高密度ポリプロピレンを使用している。本ドレーン材は、透水係数がグラベルに比べて100～200倍と大きいためドレーン径をグラベルドレーン工法の1/5程度と小さくできる。したがって、小さく少ない貫入力でドレーン材を打設できるため、施工機械の小型化や斜め打設が可能となる。

基本原理は、両工法とも大きな違いはなく、ドレーンの半径と透水性の違いによるドレーンの打設間隔に差異がある。」

参考文献：(3)

ドレーンの影響半径はグラベルドレーンの設計と同様に土質条件及び想定入力要素等から時間係数、ウェルレジスタンス係数、繰り返し回数比を算出し、過剰間隙水圧比と杭径比の関係グラフから杭径比を求める。この杭径比から影響半径を算出し、正方形配置の式よりその埋設間隔を求める。

本工法の場合はドレーンの埋設位置がマンホール周囲であることから、マンホールと接続されている管路等の埋設物が多く均等な打設位置の確保が難しい。

このため、効率的な過剰間隙水圧の消散とドレーン影響半径を考慮してマンホールが影響半径内に位置するように十分な検討を行い埋設位置を決定する。

埋設深さに関しては、周囲の地盤に対して相対的に浮き上がる事を抑制する事が目的であるから、マンホール底部にかかる揚圧力とマンホール周囲の摩擦力を算出して安全な深さまでドレーンを埋設する。

(2) 設計条件の設定

アースドレーン工法ではドレーン設置間隔を算出するための条件を下記のとおり設定する。

1) 土質条件

- ① 土質 : 土質分類
土質調査等を参考とするが、原則的には埋戻土の土質若しくは砂質土とする。
- ② N値 : (N)
標準貫入試験等を参考若しくは、N値=10~20 とする。
- ③ 地下水位 : (hw)
土質調査等を参考若しくは最高水位を表土の下部とする。
- ④ 土の単位体積重量 : (γ)
- ⑤ 平均粒径 : (D_{50})
- ⑥ 細粒分含有率 : (F_c)

土質調査表を参考、若しくは土質分類を基に表 - 1 による。

表 - 1 土質分類と単位体積重量、平均粒径、細粒分含有率の代表値

土質分類	地下水面以深の 単位体積重量 (kN/m^3)	地下水面以浅の 単位体積重量 (kN/m^3)	平均粒径 D_{50} (mm)	細粒分含有率 (%)
表土	17	15	0.02	100
粘土	15	14		100
シルト	17.5	15.5	0.025	90
砂質シルト	18	16	0.04	70
シルト質細砂	18	16	0.07	50
微細砂またはシルト混じり細砂	18.5	16.5	0.1	20
細砂	19.5	17.5	0.15	10
中砂	20	18	0.35	5
粗砂	20	18	0.6	0
砂礫	21	19	2	0

参考文献 : (3) P71

⑦ 地盤の透水係数 : (k_s) 現場透水試験または一覧表

土の透水係数は室内透水試験や現場透水試験を実施して求めるのが望ましいが、試験を行わない場合は埋戻土の土質分類を基に下記の Creager (クレージャー) による 20% 粒径と透水係数の関係の表 - 2 の数値を用いる。

表 - 2 (Creager) による D_{20} との関係

D_{20} (mm)	k_s (cm/s)	土質分類
0.005	3.00×10^{-6}	粗粒粘土
0.01	1.05×10^{-5}	細粒シルト
0.02	4.00×10^{-5}	粗粒シルト
0.03	8.50×10^{-5}	
0.04	1.75×10^{-4}	
0.05	2.80×10^{-4}	
0.06	4.60×10^{-4}	極微粒砂
0.07	6.50×10^{-4}	
0.08	9.00×10^{-4}	
0.09	1.40×10^{-3}	
0.10	1.75×10^{-3}	
0.12	2.60×10^{-3}	微粒砂
0.14	3.80×10^{-3}	
0.16	5.10×10^{-3}	
0.18	6.85×10^{-3}	
0.20	8.90×10^{-3}	
0.25	1.40×10^{-2}	
0.30	2.20×10^{-2}	中粒砂
0.35	3.20×10^{-2}	
0.40	4.50×10^{-2}	
0.45	5.80×10^{-2}	
0.50	7.50×10^{-2}	
0.60	1.10×10^{-1}	粗粒砂
0.70	1.60×10^{-1}	
0.80	2.15×10^{-1}	
0.90	2.80×10^{-1}	
1.00	3.60×10^{-1}	
2.00	1.80	細礫

参考文献 : (3) P368

⑧ 土の体積圧縮係数 $: (m_v)$

設計に用いる体積圧縮係数は、三軸試験によって過剰間隙水圧を上昇させた供試体を排水させ、体積変化量を測定して測定することが望ましいが、試験を行わない場合は埋戻土の土質分類を基に表 - 3 の数値を用いる。

表 - 3 体積圧縮係数の測定例

土質分類	相対密度 (%)	体積圧縮係数 $(m^2/kN) \times 98kPa$
シルト質砂	—	0.005~0.02
緩い砂	20~40	0.005~0.01
中位砂	40~60	0.002~0.005
密な砂	60~80	0.001~0.002
小砂礫	礫	0.0005~0.001

参考文献 : (3) P370

2) 想定入力要素

- ① マグニチュード M : (M) の設定
 $M = 7.5 \sim 8.0$ とする。
- ② 地震動継続時間 t_d : (t_d)
 地震動の継続時間と地震マグニチュード関係は下記表 - 4 から
 $M = 7.5 \sim 8.0$ として $t_d = 9 \sim 12$ 秒とする。

表 - 4 地震動継続時間と地震マグニチュードの関係

マグニチュード M	6	7	7.5	8
地震動継続時間 t_d (s)	2	6	9	12

参考文献 : (3) P379

- ③ 繰り返し回数比 N_{eq}/N_θ : (N_{eq}/N_θ)
- ④ 地震動による不規則なせん断応力波と等価な一定振幅のせん断応力波の
 繰り返し回数 N_{eq} : (N_{eq})

マグニチュードと等価繰り返し回数の関係は表 - 5 から
 $M = 7.5 \sim 8.0$ として $N_{eq} = 15 \sim 20$ とする。

表 - 5 $\tau_e = 0.65\max$ に対する等価繰り返し回数

マグニチュード M	8.5	7.5	6.75	6	5.25
等価繰り返し回数 N_{eq}	26	15	10	5	2~3

参考文献 : (3) P379

- ⑤ 非排水状態で過剰間隙水圧が 100% に達する繰り返し回数 N_θ : (N_θ)
 非排水状態で過剰間隙水圧が 100% に達する繰り返し回数は、振動三軸試験等の液状化試験から求める。また、液状化試験をしていない場合は岩崎・龍岡・安田 : 「不攪乱砂質土の非排水動的強度の正規化表示、第 13 回土質工学研究発表会」による、振動三軸試験の結果から繰り返し回数 $N_\theta = 20$ 回、軸ひずみ両振幅 $DA = 5\%$ に対する液状化強度比を基準に次式より求める。

$$N_\theta = 20 \times (1 / FL)^{-(1/0.17)}$$

- ⑥ 液状化抵抗率 (FL) : (FL)
 液状化低効率 γ は動的せん断強度比と地震時のせん断応力度の比から算出する。
 参考文献 : (2)

$$FL = R / L$$

$$R = c_w \times R_L$$

$$L = r_d \times k_{hg} \times \frac{\sigma_v}{\sigma'_v}$$

$$r_d = 1.0 - 0.015X$$

$$\sigma_v = \gamma_{t1} \cdot h_w + \gamma_{t2} (x - h_w)$$

$$\sigma'_v = \gamma'_{t1} \cdot h_w + \gamma'_{t2} (x - h_w)$$

(タイプⅠの地震動の場合)

$$c_w = 1.0$$

(タイプⅡの地震動の場合)

$$c_w = \begin{cases} 1.0 & (R_L \leq 0.1) \\ 3.3R_L + 0.67 & (0.1 \leq R_L \leq 0.4) \\ 2.0 & (0.4 < R_L) \end{cases}$$

- R : 動的せん断強度比
 L : 地震時のせん断応力度
 c_w : 地震特性による補正係数
 R_L : 繰り返し三軸強度比
 r_d : 地震時のせん断応力比の深さ方向の低減係数
 k_{hg} : レベル2地震動の地盤面における設計水平震度
 σ_v : 全上載圧 (kN/m²)
 σ'_v : 有効上載圧 (kN/m²)
 x : 地表面からの深さ (m)
 γ_{t1} : 地下水位面より浅い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)
 γ_{t2} : 地下水位面より深い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)
 γ'_{t2} : 地下水位面より深い位置での土の有効単位体積重量 (kN/m³)
 h_w : 地下水位の深さ (m)

$$R_L = \begin{cases} 0.0882\sqrt{N_a/1.7} & (N_a < 14) \\ 0.0882\sqrt{N_a/1.7} + 1.6 \times 10^{-6} \cdot (N_a - 14) \cdot 4.5 & (14 \leq N_a) \end{cases}$$

<砂質土の場合>

$$N_a = c_1 N_1 + c_2$$

$$N_1 = 170N / (\sigma_v' + 70)$$

$$c_1 = \begin{cases} 1 & (0\% \leq F_c < 10\%) \\ (F_c + 40) / 50 & (10\% \leq F_c < 60\%) \\ F_c / 20 - 1 & (60\% \leq F_c) \end{cases}$$

$$c_2 = \begin{cases} 0 & (0\% \leq F_c < 10\%) \\ (F_c - 10) / 18 & (10\% \leq F_c) \end{cases}$$

<礫質土の場合>

$$N_a = \{ 1 - 0.36 \log_{10}(D_{50}/2) \} N_1$$

- R_L : 繰り返し三軸強度比
- N : 標準貫入試験のN値
- N_1 : 有効上載圧 100kN/m²相当に換算したN値
- N_a : 粒土の影響を考慮した補正N値
- c_1, c_2 : 細粒分含有率によるN値の補正係数
- F_c : 細粒分含有率(%) (粒径 7 μ m以下の土粒子の通過質量百分率)
- D_{50} : 平均粒径 (mm)
- C_z : 地域別補正係数

⑦ 設定過剰間隙水圧比 : $u_{max} / \sigma_{0\text{ave}}$ (最大間隙水圧の半径方向平均値)

過剰間隙水圧比が 0.5 以下になれば間隙水の排出に伴う地盤の体積減少量あるいは地表面沈下量が小さくなり、0.3 以下になれば測定法の違いによる測定値の差異が無くなる。また過剰間隙水圧比が 0.3 以上では杭径比のわずかな違いにより過剰間隙水圧が大きく変動するので上限を 0.3 とすることが望ましい。よって許容される過剰間隙水圧比は 0.2~0.6 の範囲で設定される場合が多い。

従って、本工法は人工ドレーンが液状化を抑制できる範囲(影響半径)において設定過剰間隙水圧比 $(u_{max} / \sigma_0)_{ave} = 0.3$ とする。

3) ドレーン材の要素

ドレーンの形状は、ポリプロピレン製の中空立体網目筒状とする。外周部に土粒子の流入を防止するフィルターを巻く。

①	ドレーン外半径 (直径 10 cm)	:	dr	=	5	cm
②	透水係数	:	k_s	=	900	cm/s
③	マンホール高	:	H			cm
④	上部消散帯までの深さ	:	h			cm
⑤	ドレーン延長(埋設深度:例)	:	DL			cm

DL = H - h

(3) ドレーン埋設間隔の決定手順

埋設間隔の設計は以下の設計フローに従って行います。 図 - 4 に示す。

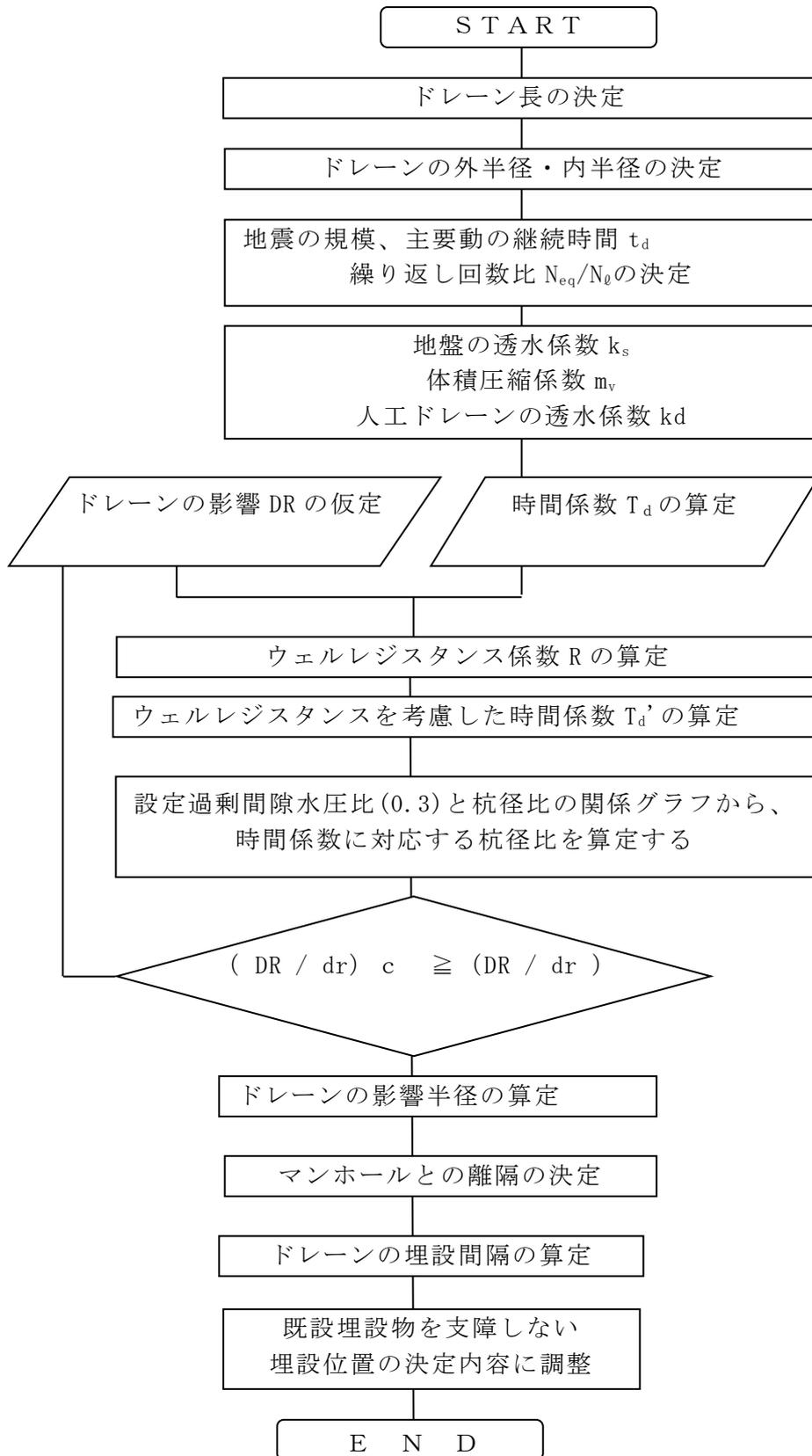


図 - 4 設計フロー図

(4) ドレーン影響半径計算

排水影響半径の算定は下記の土質条件及び想定入力要素から時間係数を求め、その時間係数によって設計図表（グラフ）から杭径比を読み取りドレーン材の排水影響半径が決まり、そのドレーン材の排水影響半径から打設間隔が算出される。

①時間係数 : (T_d) の算出

$$T_d = \frac{k_s \times t_d}{m_v \times \gamma_w \times a^2}$$

②ウェルレジスタンス係数 : (R) の算出

$$R = \frac{8}{\pi^2} \times \frac{k_s}{k_d} \times \left(\frac{DL}{dr} \right)^2$$

③杭径比 : (n) の算出

$$n = \frac{DR}{dr}$$

$$F(n) = \frac{n^2}{n^2 - 1} \times \text{Loge}^n - \frac{3n^2 - 1}{4n^2}$$

④補正係数 : (m) の算出

$$m = \frac{T_d (R = 0)}{T_d (R > 0)} = \frac{F(n)}{F(n) + 0.8 \times R}$$

⑤補正後の時間係数 : (T_d') の算出

$$T_d' = m \times T_d$$

⑥ 杭径比 : (n) の算出

浸透流解析による過剰間隙水圧比と杭径比との関係は図 - 5 に示す。
繰り返し回数比と時間係数と設定過剰間隙水圧比から杭径比を読み取る。

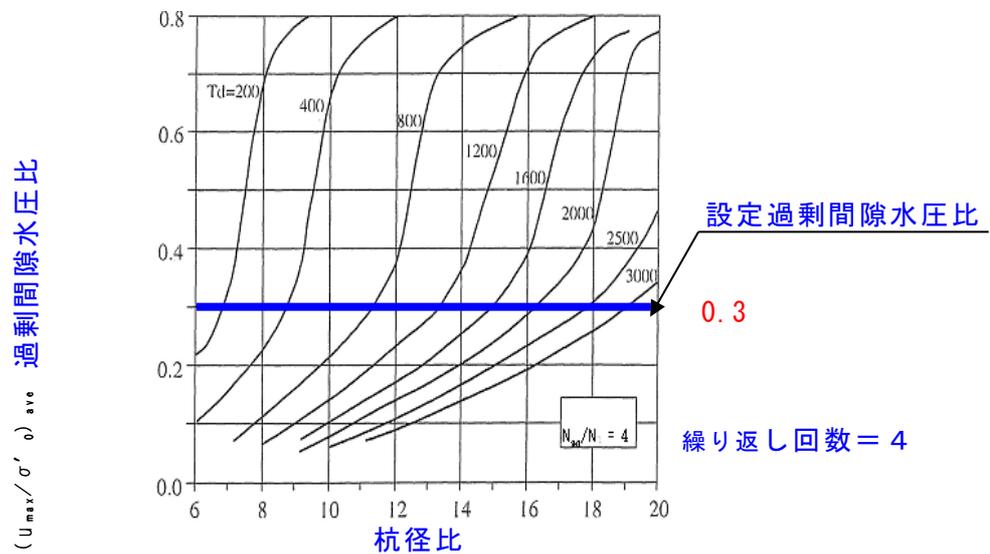


図 - 5 過剰間隙水圧と杭径比

⑦ ドレーン影響半径 : (DR) を算出する。

$$DR = n \times dr$$

⑧ ドレーン埋設位置の決定

マンホール周囲にドレーンと影響半径範囲を図示する。ドレーンの埋設によって既設埋設物に支障する事の無いように、またマンホールの側壁が影響範囲内に収まるように配置する。

隣接するドレーン間隔はドレーン中心を結ぶ中心線と隣接する影響円の交点が45度となるようにドレーンを配置する。

$$DP = DR \times \sqrt{2}$$

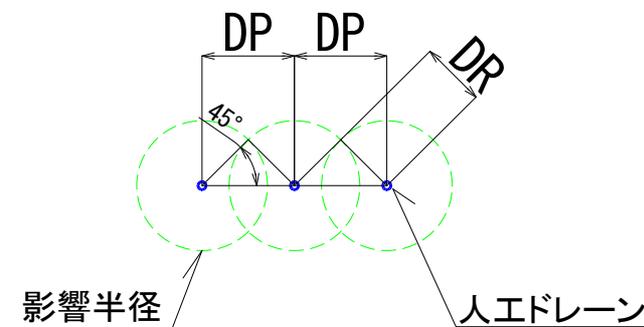


図 - 6 影響半径とドレーン間隔

4. ドレーン埋設位置の決定 設計例

(1) ドレーン影響半径の計算

対象構造物	1号マンホール
ドレーン有効長	4.0 m
FL 値(液状化抵抗率) 液状化層の平均値	0.75
液状化に至るまでの繰返し回数比	$N_{eq}/N_l = 4$

計算条件

最大過剰間隙水圧比	$U_{max}/\sigma'_{o'}$	0.3	
排水材の外半径	dr	5.0	cm
排水材の長さ	DL	400	cm
排水材の透水係数	k_d	900	cm/s
地震の規模	M	7.5	
等価繰返し回数	N_{eq}	15	
主要動の継続時間	t_d	9	sec
砂(地盤)の透水係数	k_s	5.1×10^{-3}	cm/s
体積圧縮係数	m_v	1.47×10^{-4}	cm^2/N
水の単位体積重量	γ_w	9.8×10^{-3}	N/cm^3
排水材の影響半径 b の仮定	DR	67.5	cm

時間係数(T_d)の算定

$$T_d = \frac{k_s \times t_d}{m_v \times \gamma_w \times a^2} \times \frac{5.1 \times 10^{-3} \times 9}{1.47 \times 10^{-4} \times 9.8 \times 10^{-3} \times 5.0^2}$$

$$T_d = \frac{0.046}{3.602 \times 10^{-5}} = 1,274$$

ウェルレジスタンス係数(R)の算定

$$R = \frac{8}{\pi^2} \times \frac{k_s}{k_d} \times \left(\frac{DL}{dr} \right)^2$$

$$= \frac{8}{3.14^2} \times \frac{5.1 \times 10^{-3}}{900} \times \frac{400}{5.0}^2$$

$$= 0.029 \quad \text{無次元}$$

排水材の影響半径(DR)の仮定

$$DR = 67.5 \quad \text{cm}$$

ウェルレジスタンス係数を考慮した時間係数(T_d')の算定

$$n = \frac{DR}{dr} \times \frac{67.5}{5.0} = 13.5$$

(仮定の杭径比)・・・(DR/dr) i

消散の時間遅れ (バロンの近似式)

$$\begin{aligned} F(n) &= \frac{n^2}{n^2 - 1} \times \text{Loge}^n - \left(\frac{3n^2 - 1}{4n^2} \right) \\ &= \frac{182}{182 - 1} \times \text{Loge}^{13.5} - \left(\frac{3 \times 182 - 1}{4 \times 182} \right) \\ &= 1.006 \times 2.603 - 0.749 \\ &= 1.870 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{T_d(R=0)}{T_d(R>0)} = \frac{F(n)}{F(n) + 0.8 \times R} \\ &= \frac{1.87}{1.87 + 0.8 \times 0.029} = 0.988 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_d' &= m \times T_d = 0.988 \times 1,274 \\ &= 1,259 \end{aligned}$$

繰り返し回数比の算定 (液状化抵抗率の平均値からの推定)

$$\begin{aligned} \frac{N_{eq}}{N_0} &= \frac{N_{eq}}{20} \left(\frac{1}{FL} \right)^{(1/0.17)} = \frac{15}{20} \left(\frac{1}{0.75} \right)^{5.882} \\ &= 4.0 \end{aligned}$$

杭径比を算定する。

過剰間隙水圧比と杭径比と時間係数、等価繰り返し回数比のグラフを図 - 7 示す。

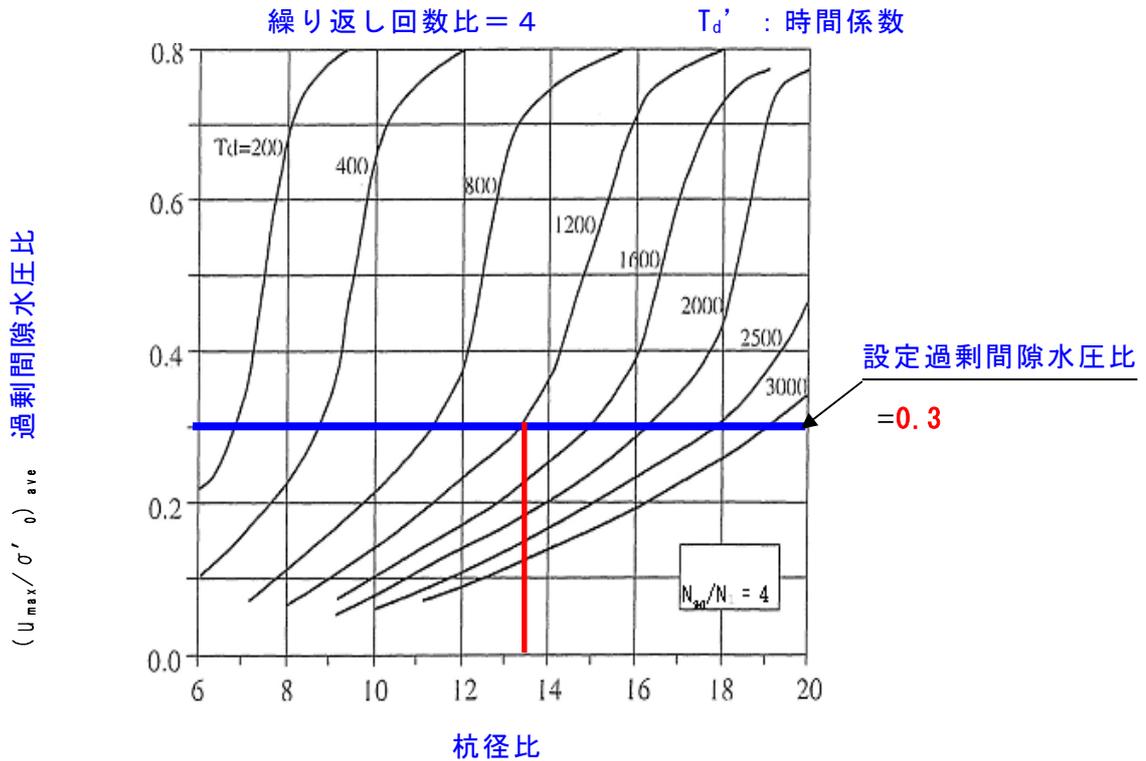


図 - 7 過剰間隙水圧比と杭径比

下記条件にて図 - 6 より杭径比を算定する。

N_{eq} / N_0	=	4
設定過剰間隙水圧比	=	0.3
時間係数 : T_d	=	1,259 から杭径比を読み取る。
杭径比 : DR/dr	=	13.5

仮定した杭径比 : $(DR/dr)_i$ は、

$$13.5 = (DR/dr)_C \geq (DR/dr)_i = 13.5$$

よって仮定した影響半径 : $DR = 67.5 \text{ cm}$ は条件を満足する。

(2) ドレーン埋設位置の決定

ドレーン影響半径を $DR = 67.5 \text{ cm}$ としてドレーンを設置すると、その間隔 (DP) は、

$$DP = 67.5 \times 1.414 = 95.4 \text{ (cm)}$$

よって、ドレーンの設置間隔を 95.4 cm として、マンホールを中心に周囲の位置に設置する。

5. ドレーン頭部処理方法

ドレーンを通して上昇してきた間隙水の消散方法には種々あり、頭部処理の方法によって下記に示すものがある。

(1) 「碎石消散帯型」

ドレーンを通して上昇してきた間隙水圧を路盤下の碎石消散帯に消散する方法。

(2) 「消散管型」

ドレーンを通して上昇してきた間隙水圧を消散管を通して人孔、側溝等に消散する方法。

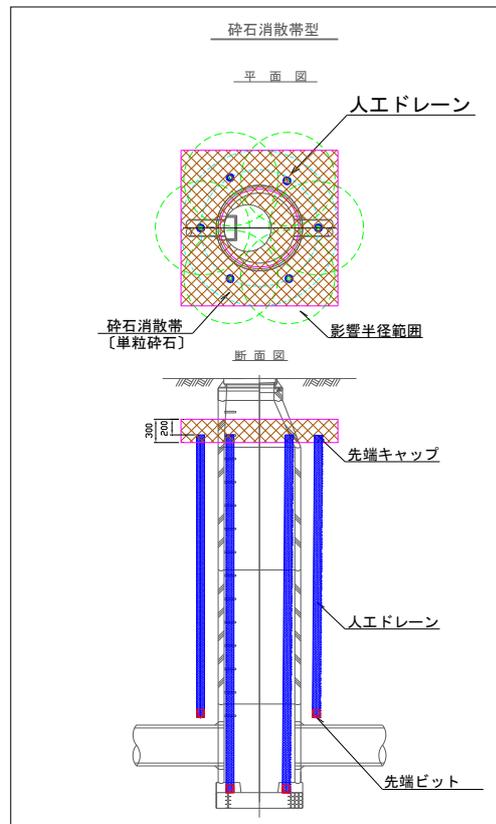
[消散方法別 施工例]

1) (碎石消散帯型)

- ・ 舗装、路盤の下に設置する碎石消散帯方式をアースドレーン工の標準方式とする。(参考材料：単粒碎石)
- ・ 碎石消散帯はドレーンの上部周囲に「層厚 ≥ 300 mm、幅 ≥ 500 mm、長さ ≥ 500 mm」の形状で単粒碎石を設置する。
(引用文献；液状化対策工法-P395)・機械掘削最小幅；協会標準値)
- ・ ドレーンは幅 50 cmの溝形の消散帯中に埋設し、消散帯は連続するように設置する。尚、支障物によってはドレーンが片側になる配置、又は消散帯が連続しない配置を排除しない。

● 碎石消散帯方式ドレーン施工手順

1. 試掘、及び碎石消散帯設置
 - ① 舗装版・路盤材の撤去、掘削
 - ② 周辺部調査
 - ③ 碎石消散帯（単粒碎石）の設置
 - ④ 埋戻し、仮復旧
2. ドレーン打設
 - ① ドレーン打設
 - ② ドレーン上部埋戻し
3. 消散帯上部の路盤・舗装本復旧



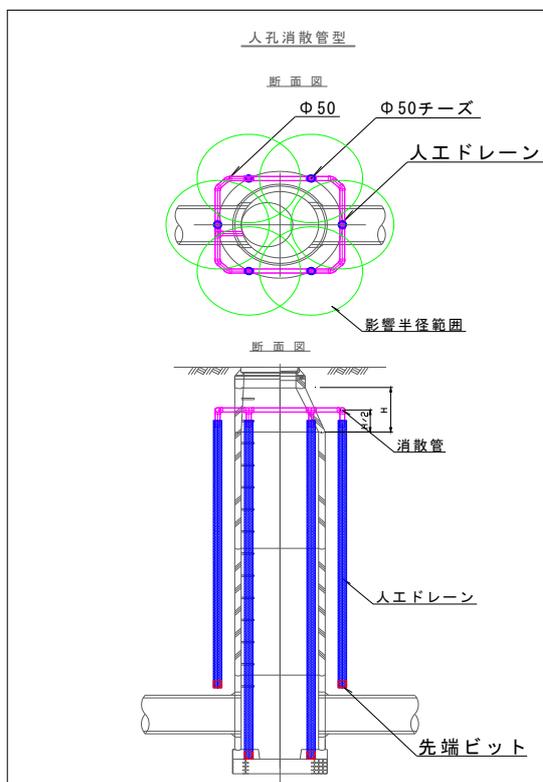
図－8 碎石消散帯型

2) (消散管型)

- ・ 消散管は外力によって変形しないφ50mmの直管・曲管等（柔軟性を含む管）を使用し、ドレーンと人孔壁排水口又は側溝排水路口を接続する。
- ・ 人孔消散管設置深さは排水口を舗装構成の路盤下で人孔最上部の側壁の上端15cm以下深に削孔設置する。
- ・ 消散管の排水口は地下水位より高い位置に設置する。
- ・ 側溝排水路口に接続する場合は排水口に逆止弁を設置する。
- ・ 消散管はドレーン上部と側壁削孔穴を通して配管接続する。人孔内は配管を内壁より固定し排水口は地下水位以上に配管する。
- ・ ドレーンと消散管の接続は消散管をドレーンに200mm以上を差し込み、固定をしないで地震時の揺動に追従させる。

●消散管方式ドレーン施工手順

1. 試掘
 - ① 舗装版・路盤材の撤去、掘削
 - ② 周辺部調査
 - ③ 埋戻し、仮復旧
2. ドレーン打設
 - ① ドレーン打設
 - ② ドレーン上部埋戻し
3. 消散管設置
 - ① 消散管設置部の掘削
 - ② 消散管設置
 - ③ 埋戻し、仮復旧
4. 消散管上部の路盤・舗装 本復旧



図－9 消散管型

ドレーン施工手順

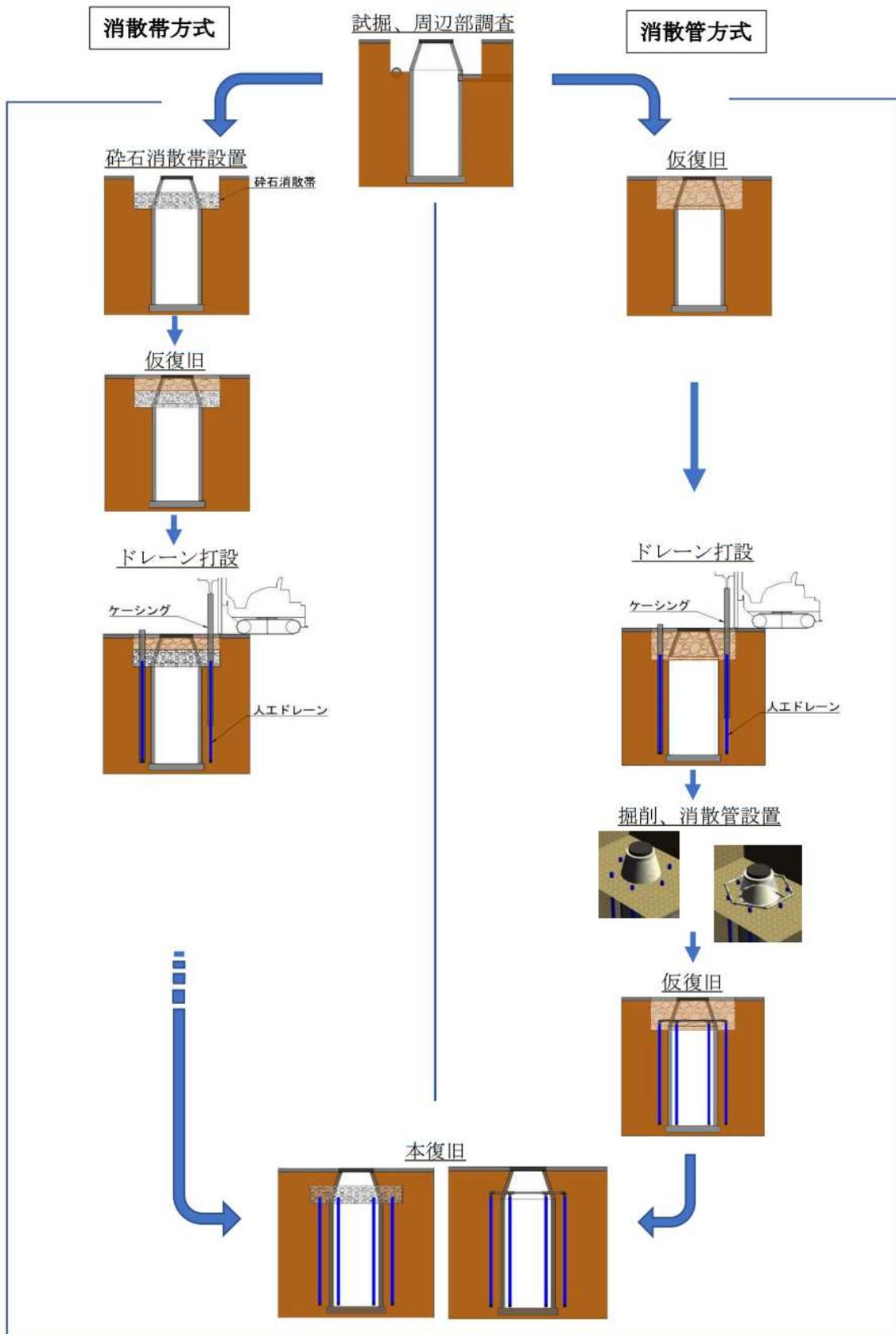


図 - 1 0 ドレーン施工手順

3) (ボックスカルバート消散帯型)

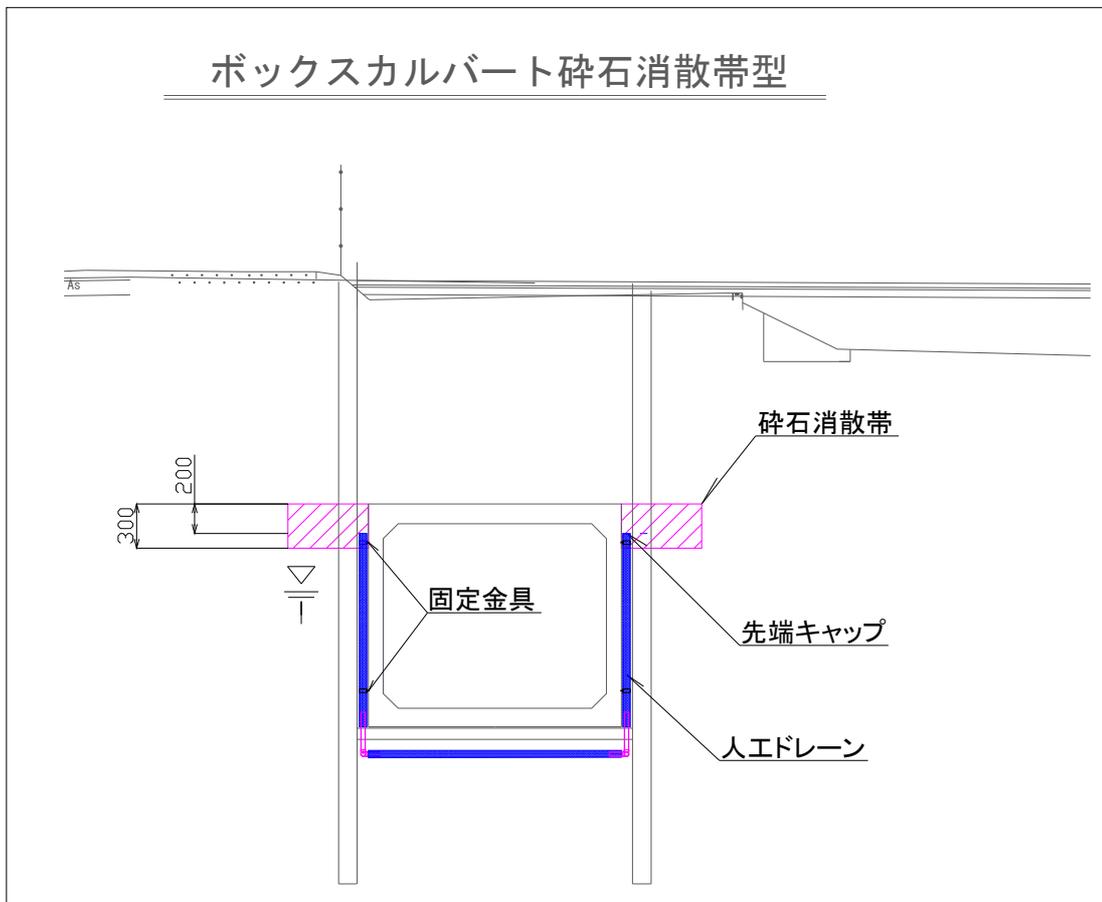


図-11 ボックスカルバート消散帯型



写真-1 ボックスカルバート消散帯型

4) (ボックスカルバート消散管型)

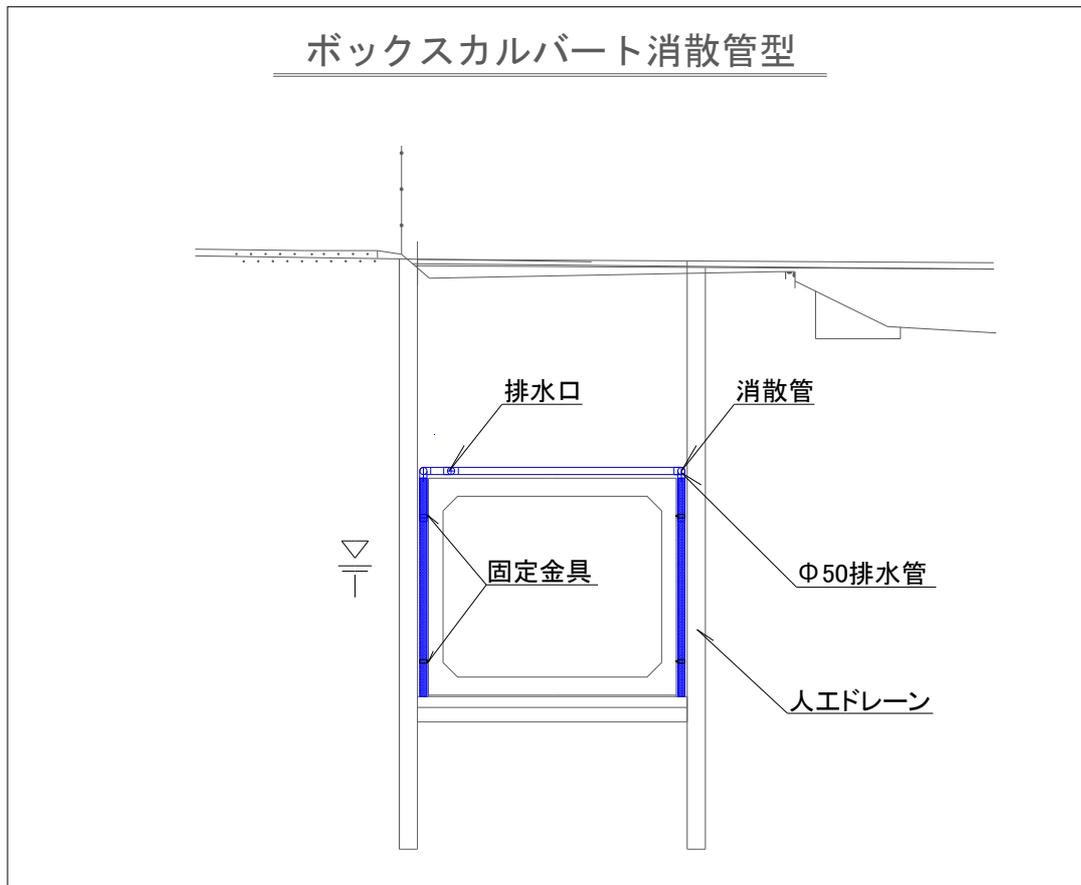
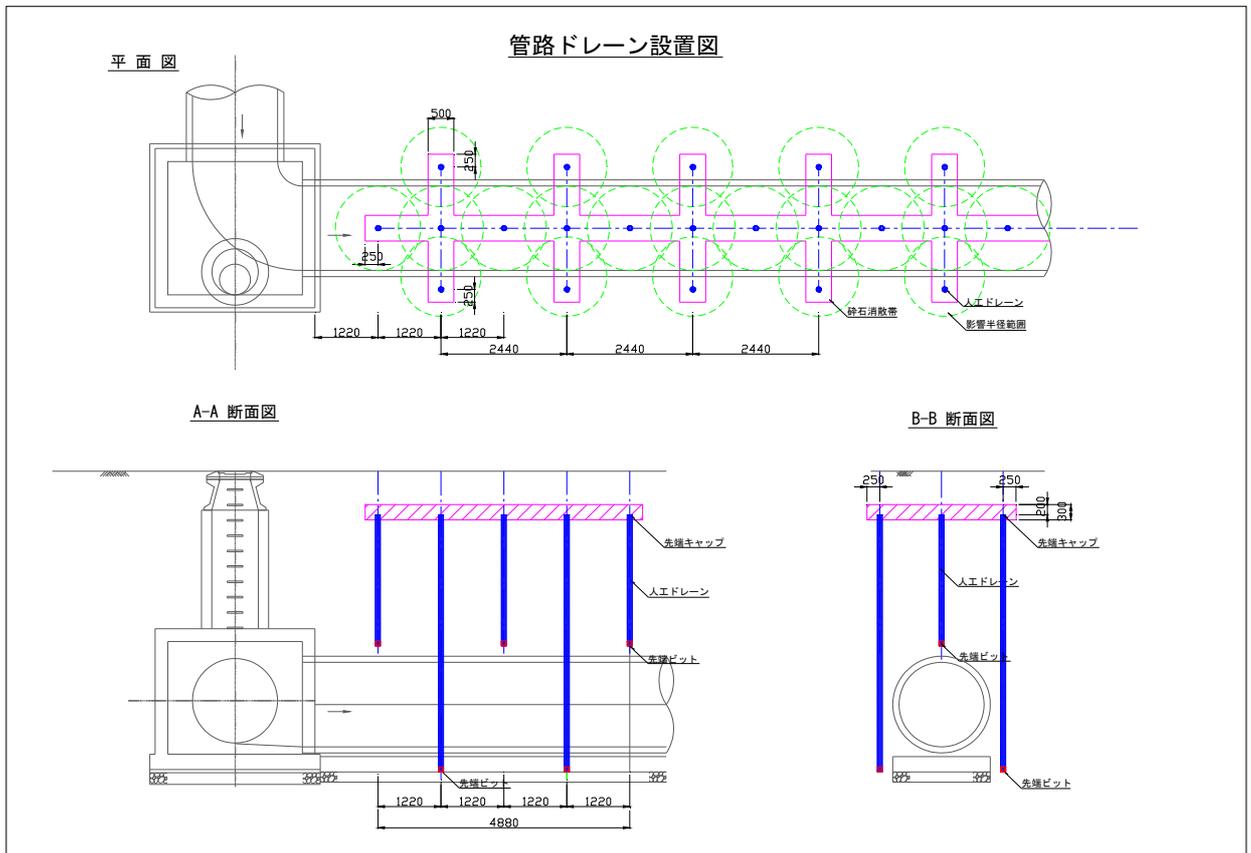


図-12 ボックスカルバート消散管型

5) (管路部消散型)

管路部側面・及び中央部にドレーンを打設し、管路周囲発生した過剰間隙水圧をドレーンを通して路盤下に設けた**碎石消散帯**〔**単粒碎石**〕に消散させ液状化を抑制する。



図－13 管路消散帯型

参考文献

本技術資料は以下の文献を参考にする。

- (1) 社団法人 日本下水道協会 : 下水道施設の耐震対策指針と解説
平成 26 年 5 月
- (2) 社団法人 日本道路協会 : 道路示方書・同解説 V 耐震設計編
平成 14 年 3 月
- (3) 社団法人 地盤工学会 : 地盤工学・実務シリーズ 18 液状化対策工法
平成 16 年 7 月

Ⅱ 篇 アースドレーン工法仕様書

1. アースドレーン工法の特徴

既設マンホールの液状化対策を、コンパクトな打設機により容易に施工する事を可能とした。(アースドレーン工法 特許取得 2件 公開中 1件)

使用するドレーン(ポリプロピレン樹脂)は、透水性が非常に高く、排水効果を長期的に持続する事ができる。

- (1) ドレーンの打設にはコンパクトな打設機械を使用しており、狭小な作業範囲での施工が可能。
- (2) 作業工程が少なく、施工方法が容易で単純化され、短期間で打設できる。
- (3) 埋設するドレーンは表面開口率と内部の空隙率が大きいため、透水性が高く排水機能に優れている。
- (4) ドレーン全周囲に巻いたフィルターは長繊維の不織布で作られており、高い透水性がありかつ土の細粒分は遮断するので、集水力がありながら地盤内の土粒子の流動は防ぐことができる。
- (5) ドレーンは、鉛直・水平方向の圧縮荷重に対する強度が優れており、地中内で変形がほとんど無い。
- (6) ドレーンは、耐酸性、耐アルカリ性、腐食性に優れており、長期間地中にあっても、劣化、変形等の発生がない。
- (7) ドレーンの目詰まりについては室内実験に於いて10回以上連続使用したドレーンフィルターの透水係数にもほとんど変化は無かった。

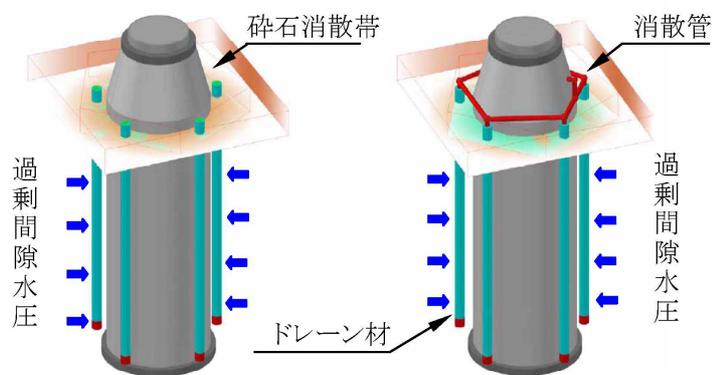


図-14 ドレーン設置参考図

2. アースドレーン工法の仕様

(1) 適用範囲

この仕様書は、アースドレーン工法による既設マンホールの液状化対策としてのドレーンの打設工について規定する。

マンホール深さ : 11.0m (地盤～人孔底版下面)

マンホール形状 : 円形・楕円形・矩形

マンホール寸法 : 1号・2号・3号・4号・特殊人孔

※上記範囲を超えるマンホールについては、人孔ごとに浮上検討を行って必要なドレーン長を算定し、適用可否を判断する。

(2) 使用機械

1) ドレーン打設機械

液状化対策施工をするため、ドレーンを打設する事を可能とした特殊な機械である。現地施工条件により以下の仕様機械を選定使用する。

ドレーン打設機を表-6、写真-2、写真-3に示す。

表-6 ドレーン打設機仕様書 (DN-2, DN-3)

名称	形式	仕様	
ドレーン打設機	DN-2	全長	2890 mm
		全幅	980 mm
		全高	2440 mm
		重量	1950 kg
		起振力	20 kN
		回転トルク	1.22 kN・m
	DN-3	全長	3420 mm
		全幅	1645 mm
		全高	2200 mm
		重量	2650 kg
		起振力	30 kN
		回転トルク	3.8 kN・m



写真-2 ドレーン打設機 (DN-2)



写真-3 ドレーン打設機 (DN-3)

2) 穿孔補助掘削装置

(ロッドオーガー : 弊社開発装置)
穿孔掘削する小型補助穿孔装置 (R0) ドレーン打設機の専用補助穿孔装置として開発した装置である。

ロッドオーガーの仕様書を表 - 7、写真 - 4 を示す。

表 - 7 ロッドオーガー 仕様書

名 称	形式	仕 様	
ロッドオーガー	R0	外径	100 mm
		長さ	1000 mm



写真 - 4 ロッドオーガー

(3) 使用材料

- ① ドレーン・フィルターを写真 - 5 に示す。

中空円筒網目状の形状をしており、全外周面から集水が可能、硬質な素材で土圧に対して十分な強度を有す。

外周面にフィルター材として不織布を巻き、ドレーンへの土砂の流入を防止する。

材質 : ポリプロピレン樹脂

ドレーン部

形状 : 中空円筒網目状
外径×内径 = $\phi 100 \times \phi 65$ mm

フィルター部

形状 : 連続長繊維不織布

- ② ドレーンキャップを写真 - 6 に示す。

材質 : ポリプロピレン樹脂
形状 : 外径×内径 = $\phi 60 \times \phi 56$ mm
長さ = 80 mm

- ③ ジョイントを写真 - 7 に示す。

材質 : ポリプロピレン樹脂
形状 : 外径×内径 = $\phi 60 \times \phi 56$ mm
: 長さ = 200 mm

- ④ 先端ビット(アンカー)を写真 - 8 に示す。

ドレーン先端に装着し、ドレーンの先端保護とドレーンの定着を目的とする。

材質 : 鋼製管
形状 : 外径 = 114.3mm
: 長さ = 100 mm



写真-5 ドレーン
フィルター



写真-6 ドレーンキャップ



写真-7 ジョイント



写真-8 先端ビット
(アンカー)

(4) 設計方法

1) アースドレーン工法設計基準

アースドレーン工法において打設深度および施工本数は、浮上検討により必要な安全率を満足するように決定します。ただし、人孔高さが 4.0m 未満の場合は打設以深度を人孔底面までとして浮上検討は省略します。

表－8 設計基準

人孔条件 検討項目	人孔高さ（人孔底盤下面から地表までの高さ）	
	人孔高さ 4.0m未満	人孔高さ 4.0m以上
浮上検討	原則として、省略する。 形状、地下水位等浮上検討が必要と判断される場合は浮上検討を行う。	原則として、浮上検討を行う。
ドレーン打設深度	人孔底面までとする。	最小打設深度を 4.0mとする。 かつ、上載土深度とする。 浮上検討を行い必要な安全率を満足する深度とする。
ドレーン打設本数	人孔サイズによる標準本数とする。	浮上検討による配置間隔により施工本数を決定する。
設定浮上安全率	通常は浮上安全率の確認は行わない。 形状等から、浮上検討が必要な場合の安全率は 1.00 以上あることを確認する。	浮上安全率 1.10 以上となる打設深度を設定する。ただし、最少打設深度を適用する場合等 1.10 を超える場合も発生する。 安全率を指示された場合は、その値で浮上検討する。 底盤揚圧抑制効果を考慮した場合、1.0 以上で浮上抑制ができると判断する。

2) 浮上検討

アースドレーン工法で浮上検討を行う場合は、対象人孔は均質な砂質土（地下水位以深は液状化する土質）で埋め戻されているもの基本とする。アースドレーンを配置し、その打設深度以内かつ影響半径内の埋戻土は液状化しないものとする。影響半径内にある人孔の外壁の埋戻土とのせん断力は有効として、必要な浮上安全率を満たすドレーン打設深度を検討する。

浮上検討方法は、地中埋設構造物を対象とした「Ⅱ類の構造物の式」を使用する。

3) 影響半径

アースドレーン工法での影響半径は一般的な埋戻土に対して、計算可能な最大の地震影響を考慮し繰り返し回数比 4.0 の計算図表を用い、協会にてあらかじめ算定した結果を表 - 9 排水高さと影響半径に示す。

影響半径はその人孔の打設最大深度のドレーンの影響半径を表より求めて使用するものとする。

表-9 排水高さと影響半径

排水高さ(m)	影響半径(m)	配置間隔(m)
1.0(m)以上 1.3(m)未満	0.72	1.03
1.3(m)以上 1.6(m)未満	0.72	1.03
1.6(m)以上 1.9(m)未満	0.72	1.02
1.9(m)以上 2.2(m)未満	0.72	1.02
2.2(m)以上 2.5(m)未満	0.71	1.01
2.5(m)以上 2.8(m)未満	0.71	1.01
2.8(m)以上 3.1(m)未満	0.71	1.00
3.1(m)以上 3.4(m)未満	0.71	1.00
3.4(m)以上 3.7(m)未満	0.70	1.00
3.7(m)以上 4.0(m)未満	0.70	0.99
4.0(m)以上 4.3(m)未満	0.70	0.99
4.3(m)以上 4.6(m)未満	0.69	0.98
4.6(m)以上 4.9(m)未満	0.69	0.98
4.9(m)以上 5.2(m)未満	0.68	0.97
5.2(m)以上 5.5(m)未満	0.68	0.96
5.5(m)以上 5.8(m)未満	0.67	0.95
5.8(m)以上 6.1(m)未満	0.67	0.95
6.1(m)以上 6.4(m)未満	0.66	0.94
6.4(m)以上 6.7(m)未満	0.66	0.93
6.7(m)以上 7.0(m)未満	0.65	0.93
7.0(m)以上 7.3(m)未満	0.65	0.92
7.3(m)以上 7.6(m)未満	0.64	0.91
7.6(m)以上 7.9(m)未満	0.64	0.91
7.9(m)以上 8.2(m)未満	0.63	0.90
8.2(m)以上 8.5(m)未満	0.63	0.89
8.5(m)以上 8.8(m)未満	0.62	0.88
8.8(m)以上 9.1(m)未満	0.62	0.88
9.1(m)以上 9.4(m)未満	0.61	0.86
9.4(m)以上 9.7(m)未満	0.60	0.86
9.7(m)以上 10.0(m)未満	0.60	0.85

3. アースドレーン工法の施工方法

(1) 施工方法

アースドレーン工法の施工フロー図を図 - 15 に示す。

「ドレーン打設機使用時」

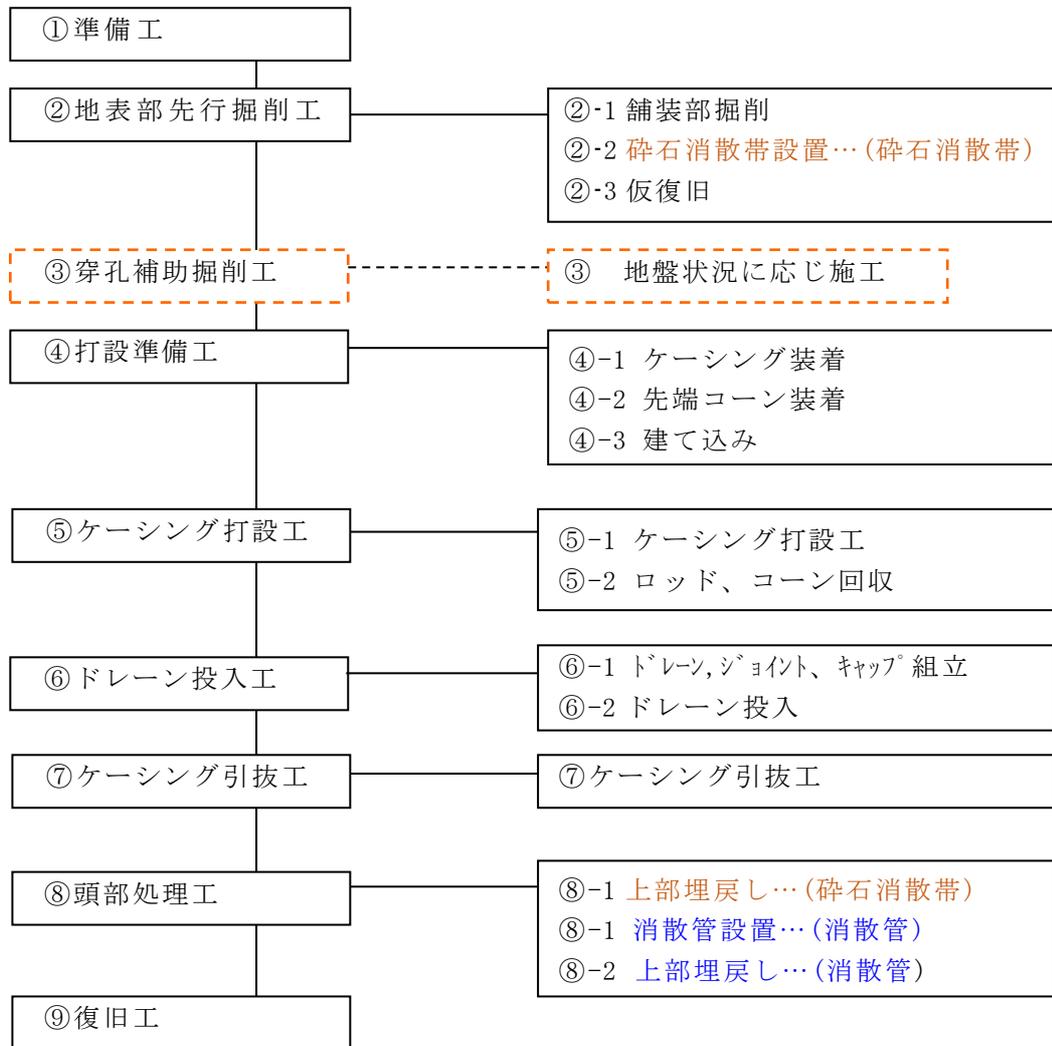


図 - 15 施工フロー図

(2) ドレーン埋設標準

1) ドレーン埋設位置

- ・人孔形状, 土質条件から算出したドレーン影響半径, ドレーン間隔を基に埋設する
- ・人孔周囲にドレーン配置間隔以内で均等に埋設する。
- ・人孔躯体外壁との離隔を 200 mm に埋設する。
底版に掛かる場合は離隔を底版外径から 200 mm とする。
- ・砕石消散帯方式では消散帯内に埋設する。
- ・標準の配置位置を確保出来ない場合、影響範囲と人孔外壁間に隙間が生じない位置に埋設する。
- ・上記目安を上回る場合は、再浮上検討計算で支障となるドレーンの打設不可や他のドレーン深度の変更等の再検討を行い安全率を確認する。

2) 埋設物近接のドレーン施工

- ・埋設物が近くにある場合、打設位置を固定する為にガイド管（φ200 塩ビ管等）を事前に設置して埋設物に支障しないようにする。尚、ガイド管との離隔は管理者と事前に協議、了解を得る。
- ・ガイド管は埋設物と同じ底さまで設置、管内は中空、上端に固定蓋等を被せ、ガイド管はドレーン打設後撤去する。

3) ロッドオーガーの採用基準

- ・打設箇所の一部に硬質土があり、ドレーン打設が不可となる場合、穿孔補助掘削としてロッドオーガーを併用する方法を選択検討する。
- ・ロッドオーガー併用穿孔補助掘削となる土質範囲；参考範囲
 - 砂質土 (20 < N 値)
 - 粘性土 (15 < N 値)
 - 砂礫土 (5 < N 値)
 - その他 地盤改良土
- ・ロッドオーガーの使用限界深度は 10.0m を基準とする。
- ・ドレーン埋設深度が 10.0m 以上の場合は地下水位・土質等の詳細検討を要する。

4) 標準ドレーン打設不可の範囲

- ・ N 値 20 以上の硬質土
- ・ 地盤改良材が硬化残留している地盤
- ・ 人孔と残置された土留材が 1.0m 以内の間隙。
- ・ 礫率の高い玉石地盤。
- ・ 人孔と残置土留め材が一体となった地山周囲（現地盤）

5) ドレーン打設不可時の対応（施工中）

- ・ ドレーン打設中に打設不可となった場合、ロッドオーガーにて土質確認を行い、ロッドオーガー対応可能な場合はロッドオーガー併用の施工方法を検討する。
- ・ ロッドオーガーの土質確認の際、 $20 < N$ 値、又は恒久的な非液状化硬質地盤の場合はドレーン効果と同等以上の浮上抑制応力があると考えられるので、打設不可深度をドレーン埋設深度とする。

6) 人孔外周部が現地盤の場合の浮上検討

- ・ ドレーン打設部が元地盤の場合、打設範囲の土質資料の内人孔浮上抑制力が少なく不利になる土質資料数値を採用し、ロッドオーガー併用の施工方法を検討する。

7) ドレーン打設機作業可能範囲

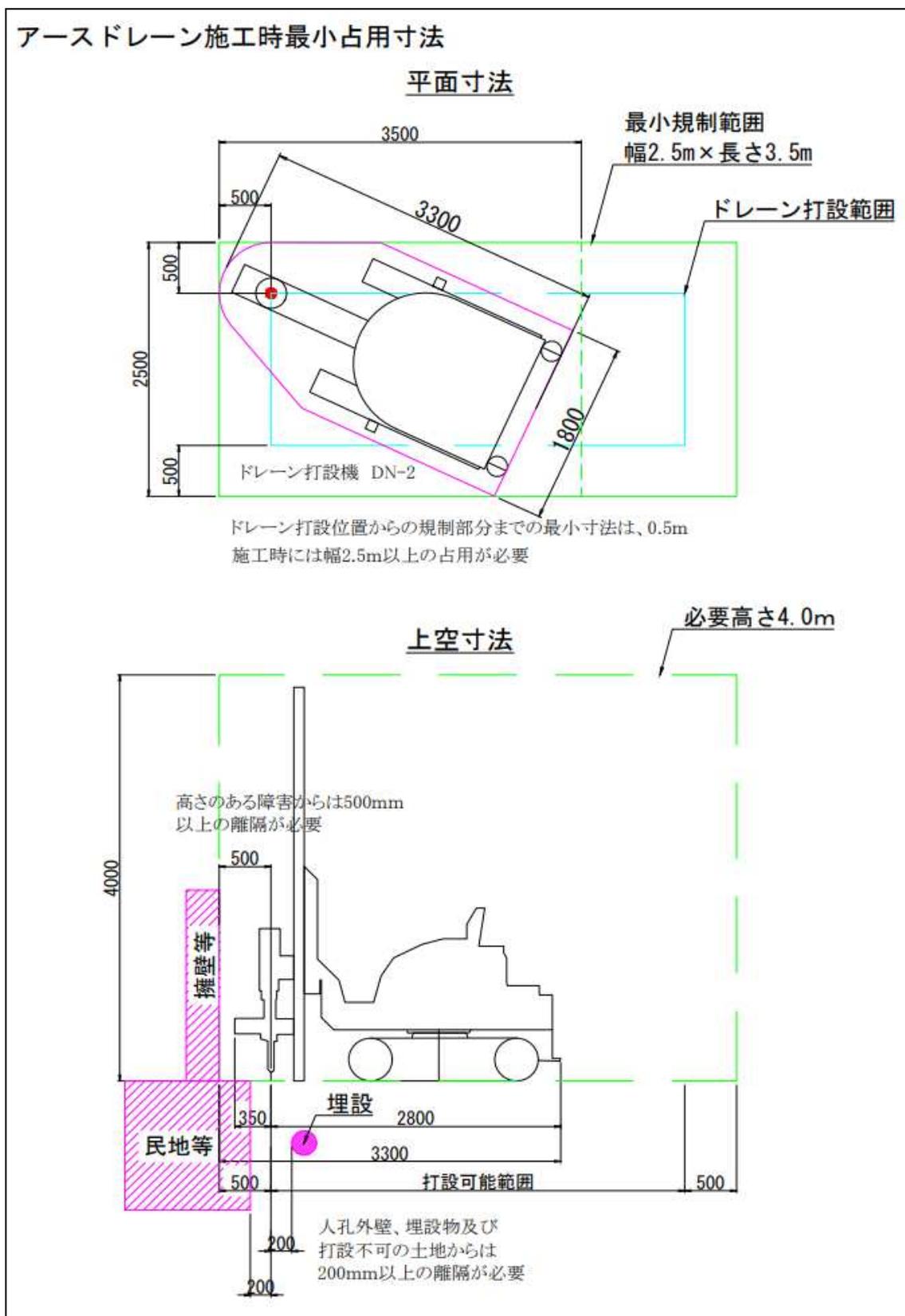


図-16 ドレーン打設 (DN-2・DN-3) 配置図

(3) 出来形管理

ドレーン出来形管理は、埋設位置、長さ、深さ、上端高さの管理を行う。

1) ドレーン深度

- ・ドレーン深度の出来形測定はマンホール鉄蓋高を基準とし、ドレーン長、ドレーン上部深度から算出する。
- ・人孔地上部の勾配が急峻な場合、ドレーン上部深度は地上勾配と平行として土被りを一定とする。尚、これは発注管理者との協議による。

2) ドレーン上部深度

ドレーン上部深度は頭部処理方法により管理方法が異なる。

- ・碎石消散帯型のドレーン上端深度は碎石消散帯（厚み=0.3m）内になるように、ドレーン上端が碎石消散帯上端から 0.2m 下、下端から 0.1m 上を管理基準とする。

「 $h - 0.2 \leq h' \leq h + 0.1$ 」を管理基準とする。

h : 地表 (GL) からの下がり (設計)

h' : 地表 (GL) からの下がり (実測)

- ・消散管型のドレーン上端深度はドレーンから地下水が常時排水しないように人孔内排水、側溝排水等の排水口高さ以下とする。尚、側溝排水口には逆止弁等を設置し側溝高水位時の逆流を防止する。

3) ドレーン下部深度

- ・ドレーン深度 (ドレーン下端) は「ドレーン上部深度」とドレーン長さを考慮し、下記の範囲を管理基準とする。

「 $DH \leq DH' \leq DH + 0.1$ 」を管理基準とする

DH : ドレーン下端深度 (設計)

DH' : ドレーン下端深度 (実測)

4) ドレーン埋設位置 (埋設間隔)

- ・ 打設位置の変更はドレーンと人孔外壁との離隔は影響半径の 0.7 倍以下、各ドレーン間隔は影響半径の 1.7 倍以下として管理基準を下記のように規定する。

「 人孔とドレーンとの離隔 : $DMP \leq DR \times 0.7$ 」

「 各ドレーン間隔 : $DDP \leq DR \times 1.7$ 」を管理基準とする

DMP : 人孔とドレーンとの離隔

DDP : 各ドレーン間隔

DR : ドレーン影響半径

- ・ 矩形人孔のドレーン配置の出来形測定は人孔外壁との離隔・各ドレーン間隔・矩形交点からの離隔を測定し、ドレーン影響範囲外長を算出し判定する。
- ・ ドレーン設計配置に埋設できなく、人孔外壁とドレーンの影響範囲に隙間が出来る場合は、隙間となる範囲の応力を控除した浮上計算を行う。
- ・ 打設不可ドレーンによって発生するドレーン影響範囲外長は人孔外周長を打設本数で除した値に打設不可本数を乗じた値とする。

「 $OL = SL \times (DN \div DO)$ 」

ドレーン影響範囲外長 : OL m

人孔外周 : SL m

打設本数 : DO 本

打設不可本数 : DN 本

(4) 施工記録

施工記録に下記項目を記録する。

- ・作業日時
- ・作業内容
- ・作業人員
- ・使用機械
- ・施工時間
- ・打設位置
- ・打設本数

(5) 標準配置図

ドレーン打設機材の標準配置例を下記に示す。

ドレーン打設 (DN-2、DN-3) 配置図を図-17 に示す。

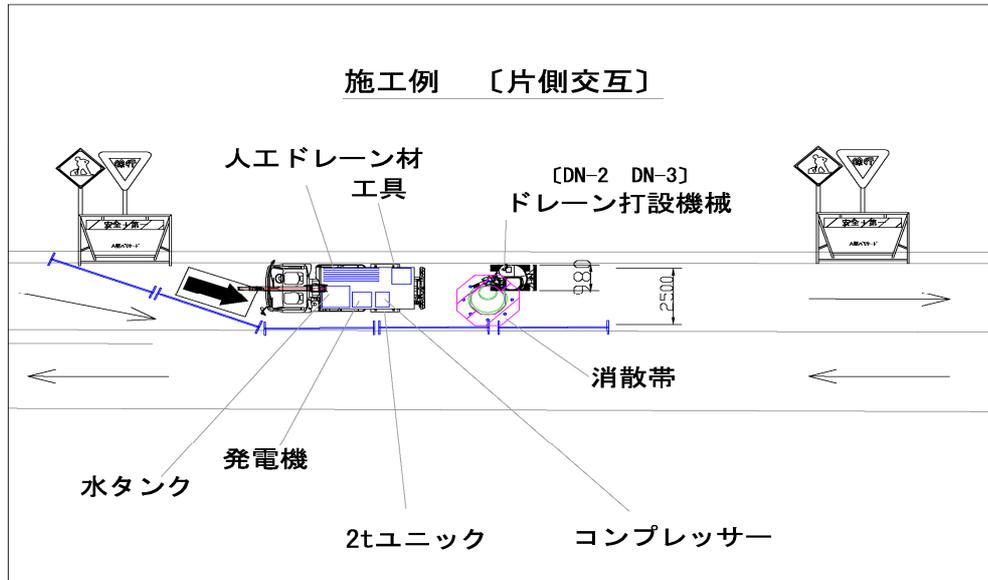


図-17 ドレーン打設 (DN-2・DN-3) 配置図

(6) 写真管理

表-10 写真管理表

工種	種別	撮影頻度	撮影項目
着工前		着手前1回	路線の全景と代表部分
完成		施工完了後1回	着手前と同一位置で撮影
ドレーン材	使用材料	納入時	ドレーン材延長、直径
付属部材	使用材料	納入時	形状、数量
ドレーン打設工 (既設)	施工状況	必要に応じて 工種毎に1回	全景又は代表部分の工事 進捗状況 施工状況の確認
	施工完了	施工箇所毎	施工数量 位置、数量の確認 残尺による延長の確認
仮設工	動力設備	設置箇所毎	設置状況
	安全設備		安全看板・交通標識 フェンス・バリケード

(7) 品質管理

工事材料の仕様に当たっては、資料を提出して監督員の承諾を得たものを使用し、監督員の指示する材料については検査を受ける。

尚、数量の確認は、原則として出来形によるが、寸法確認が困難な場合には、監督員の指示する方法で使用数量を確認する。また、現場に搬入された材料は品質の低下を防ぐ様管理する。

表 - 1 1 品質管理表

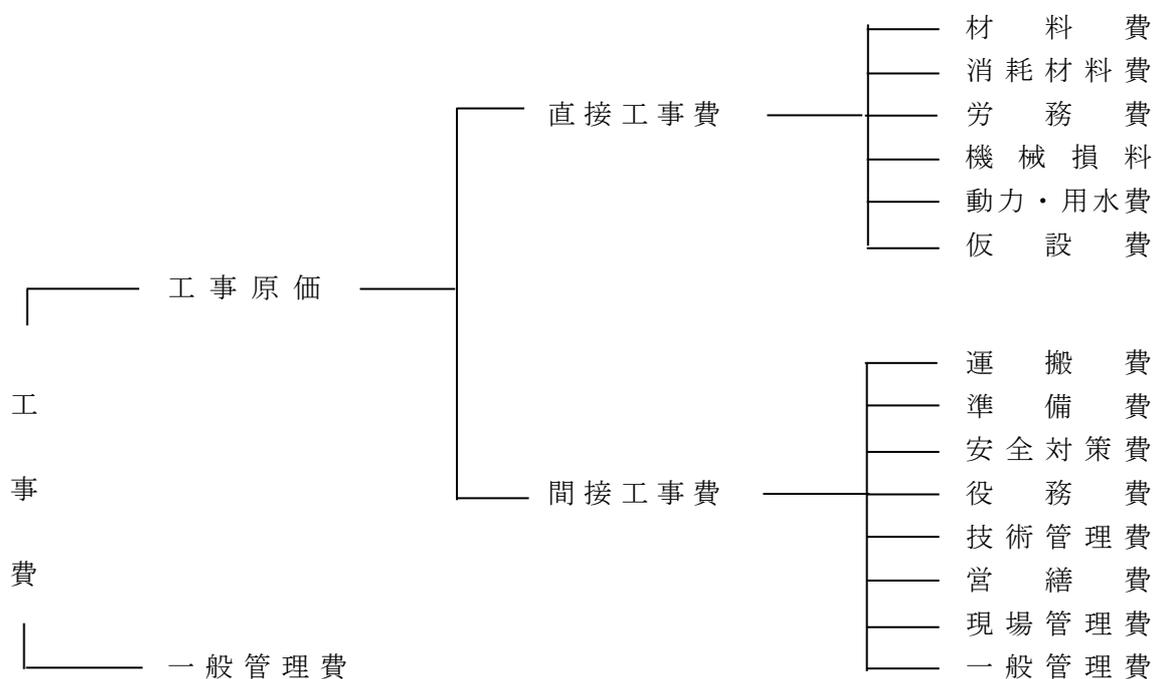
種 別	管 理 項 目	備 考
ドレーン材 ドレーンキャップ ジョイント 先端ビット (アンカー)	外観形状検査 外径・内径	材料承認
碎石消散帯	粒度試験成績表	材料承認

Ⅲ 篇 アースドレーン工法積算書

1. アースドレーン工法の積算概要

(1) 積算基本構成

アースドレーン工法の標準積算基本構成は、次に示すとおりであり、積算を行う際にはそれぞれの項目について後述の各基準に従って行う。



- (A) 積算は計画図、施工計画書に基づき単価表又は内訳表によって、必要とされる材料費、労務費、損料等を個別に積み上げ積算するのを原則としている。
- (B) 施工基面の地均し、測量・観測等の積算は、別途積算するものとする。
- (C) 頭部処理工事及び水替排水工事等は、別途積算するものとする。
- (D) 上記積算価格には、消費税は含まないものとする。

(2) 積算の基準

1. 工期の算定基準

積算に当たり、工期を算出するが、工期は次のような基準で算出する。

(1) 作業日数：(AD)の算出

機 械 の 搬 入 (日) :	日
ド レ ー ン 打 設 ・ 挿 入 (日) :	日
機 械 撤 去 搬 出 (日) :	日
計 1 基 当 た り の 施 工 日 数	日

(2) 休日の算出

時間的制約を受ける工事の工期設定にあたっては、制約された作業時間により適正な休日の設定をおこなうものとする。

2. 労務構成

各職種の作業内容は、下表に示すとおりである。

表1 職種別作業内容

職 種	作 業 内 容
土木一般世話役	作業管理、作業員の統括、作業指示
特殊作業員	操作・運転の助手他
普通作業員	削孔芯出し、ドレーン材組立・建込み、他雑用

2. アースドレーン工法の積算

(1) 工期の算出

施工日数は、機械の搬入、ドレーン打設・挿入および機械撤去搬出の3工程の合計から算出する。

アースドレーン工法におけるマンホール1基当たりの施工日数(AD)は、次式による。

$$AD = \text{機材搬入} + DN + \text{機材搬出}$$

DN : マンホール1基当たりのドレーン打設日数(日)

1) 機材の搬入日数、撤去搬出日数

マンホール1基当たりの機材搬入日数を標準0.3日、撤去搬出日数を標準0.3日とする。また、施工台数が多数になる場合は、比率で求める。

2) ドレーン打設日数(DN)の算定

ドレーン打設日数(DN)は、次式により算定する。1つの人孔のドレーン打設日数の合計は、小数第二位を切り上げ少数1桁に丸める。ただし、その値が1.0未満の場合は1.0とする。

$$DN = \frac{DP}{N}$$

DN : ドレーン打設日数 (日)
DP : ドレーン本数 (本)
N : 1日当たり施工本数 (本/日)

1日当たり施工本数(N)は次式で算定する。ただし、1日当たり施工本数(N)は整数に切り捨てるものとする。

$$N = \frac{60 \times h}{T} \times S$$

h : 実作業時間 (min)
T : 1本当たり施工時間 (min/本)
S : 施工台数 (Set)

3) ドレーン打設時間 (T) の算定

ドレーン打設時間 (T) はケーシング打設、ドレーン挿入およびケーシング引抜までの時間で次式により算定する。

$$T = R + T_1 + T_2 + T_3 + SS$$

T	: ドレーン打設機械による 1 本当たり施工時間	(min)
R	: 機械準備時間：機械移動・機械据付時間	(min)
T ₁	: ケーシング打設時間	(min)
T ₂	: ドレーン挿入時間	(min/本)
T ₃	: ケーシング引抜時間	(min/本)
SS	: 穿孔補助掘削施工時間	(min)

※SSは補助穿孔施工時のみ計上する。

① 機械準備時間 (R)

機械準備時間は、機械移動・機械据付時間であり、DN-2、DN-3 機使用の場合は下記のとおりとする

$$R = 7.0 \quad (\text{min})$$

② ケーシング打設時間 (T₁)

ケーシング打設時間 (T₁) は次式を使用して算出する。
単位作業時間 r₁ は下記表 2 を適用する。

$$T_1 = r_1 \times L \quad (\text{min})$$

r ₁	: 土質及び平均N値のケーシング打設単位作業時間	(min/m)
L	: ケーシング打設の打設長	(m)

表 2 DN-2、DN-3 ケーシング打設の単位作業時間 (r₁) (min/m)

呼び径	適用条件	N 値	粘性土	砂質土	砂礫土
φ 100mm	DN-2・DN-3 打設深度 10m 未満	N ≤ 10	6.5	7.0	10.0
		10 < N ≤ 15	7.5	8.0	13.0
		15 < N ≤ 20	-	9.0	15.0
		穿孔補助併用時	6.5	7.0	10.0
	DN-3 打設深度 10m 以上	N ≤ 10	9.75	10.5	15.0
		10 < N ≤ 15	11.25	12.0	19.5
		15 < N ≤ 20	-	13.5	22.5
		穿孔補助併用時	9.75	10.5	15.5

- ※1 本作業はドレーン深さ 6.5m未満の場合はドレーン打設機 (DN-2) を使用し、6.5m 以上はドレーン打設機 (DN-3) を使用する。
- ※2 ドレーン打設深度が 10.0m以上となる場合、10.0m以深の打設時間は 10.0m未満の部分の打設時間の 1.5 倍とする。
- ※3 硬質土の地盤の際には、ロッドオーガー機 (R0) を使用し、地盤の攪拌を行い、ケーシングの打設を補助する。
- ※4 穿孔補助併用時のドレーン打設単位時間は、穿孔掘削による地盤の緩みを考慮して、N 値 (N<10) の単位時間を採用する。

③ ドレーン挿入時間 (T₂)

ドレーン挿入時間はドレーンを接続しながらケーシング内にドレーンを挿入する時間で、次式で算定する。

$$T_2 = r_2 \times L + n \times V$$

- r₂ : 1m当たりの挿入能率時間 = 0.2 分 (min/m)
- L : ドレーン長 (m)
- n : 接続回数 2.0mに1箇所 (回)
- V : 1箇所当たり接続時間 = 5.0 分 (min/箇所)

表3 接続回数 (n) (回) ※ (整数に切り上げ、1を減ずる)

n	L/2.0
---	-------

④ ケーシング引抜時間 (T₃)

ドレーン引き抜き時間はケーシング内にドレーンを挿入後、ケーシングを引き抜く時間で、次式で算定する。

$$T_3 = r_3 \times L$$

r₃ : 引き抜き時間 = 3.0 (min/m)
L : ケーシング打設の打設長 (m)

表4 引き抜き時間 (r₃) (min/m)

r ₃	3.0
----------------	-----

⑤ 穿孔補助掘削施工時間 (SS)

10<N値の粘性土、20<N値の砂質土および障害物がある等の穿孔補助が必要な地盤にはロッドオーガー機の穿孔掘削機を使用し、ケーシング打設が施工出来るように地盤を攪拌し緩める。

穿孔補助掘削時間 (SS)は、次式により算定する。この施工時間は補助穿孔掘削機の機械準備時間と補助穿孔時間の両方を含むものとする。

$$SS = r_4 \times L$$

r₄ : 土質毎の打設の単位作業時間 (min/m)
L : 穿孔補助掘削長 (m)

表5 補助掘削の単位作業時間 (r₄) 呼び径 φ100mm (min/m)

機 種	粘性土	砂質土	砂礫土
ロッドオーガー (RO)	8.0	8.0	10.0

※1 ロッドオーガー (RO) を使用して穿孔補助する場合、硬質土または障害物が部分的にある場合においても穿孔補助長全長に本単位作業時間を適用する。

※2 非常に硬質な地盤若しくは、地盤中の障害物が掘削径よりさらに大きいと思われる場合、ロッドオーガー (RO) を使用しても施工可否を別途考慮する必要がある。

4) 実作業時間

アースドレーン工法の1日当たり作業時間は、8.0時間とし、実作業時間（機械稼働時間）は、7.0時間を標準とする。しかし、作業時間が制限され特殊な作業を行う場合は表2の補正值を行う。

$$h = 7.0 \div \alpha$$

- h : 作業条件による実作業時間
α : 作業条件による実作業時間の補正
7.0 : 標準の実作業時間 (h)

表6 作業条件による作業時間の補正 (α)

作 業 条 件	補正係数
狭 あ い 作 業	1.1~1.3
作業帯の設置・撤去が毎日必要	1.1
高 さ 制 限	1.2~1.5

5) 供用日の算定

機械損料算定に使用する供用日数は、マンホール1基当たりの施工日数に不稼働率を掛けて算出し、整数に切り上げるものとする。供用日数算定は、次式による。

$$\text{供用日} = (\text{機械の搬入日数} + \text{ドレーン打設日数} + \text{機械の搬出日数}) \times \text{不稼働率}$$

(供用日数は整数に切り上げとする。)

(2) 標準ドレーン材料

アースドレーン工法には、多種のドレーン材があり、改良ピッチ・改良目的に合わせ選定が可能であるが、表7のドレーン材を標準とする。また、ドレーン材の接続には表8の専用のジョイント、上端部には表9のドレーンキャップを使用する。

表7 標準ドレーン材料 (L=2.0 m)

ドレーンの種類	外径	内径	金額
φ 100 mm	100 mm	65 mm	円/1m

表8 アースドレーン専用、ジョイント

ジョイントの種類	金額
φ 100 mm	円/個

表9 アースドレーン専用、ドレーンキャップ

ドレーンキャップの種類	金額
φ 100 mm	円/個

(3) 先端ビット (アンカー)

ドレーン挿入時のドレーン材の保護とドレーンの浮き上がりを防止する為、錘としてドレーン先端に表10の先端ビット(アンカー)を装着する。

表10 先端ビット(アンカー)の種類

規格	先端ビット (アンカー)
φ 100 mm	円/個

(4) 機材工具消耗材料費

アースドレーン工法における削孔及び打設に使用するロッド・ケーシング等の消耗材料費を表11に示す。

また、補助穿孔を行う場合に使用するロッドオーガーの消耗材料費を表12に示す。

表11 1m当たりロッド・ケーシング消耗材料費 (円/m)

名 称	単 価	土質別消耗度・金額			
	(円/m)	粘土	砂質土	砂礫	玉石
ロッド・ケーシング		0.004	0.006	0.016	0.034
打設用附属部品類	上記計×0.10				

表12 1m当たりロッドオーガー消耗材料費 (円/m)

名 称	単 価 (円/m)	消耗率
ロッドオーガー		0.009
ロッドオーガー用 附属部品類	上記計×0.10	

(5) 人員構成及び単価

1. 機械設置撤去労務構成

アースドレーン工法における機械設置撤去に掛かる労務構成は、次の通りとする。

表 1 3 標準機械設置撤去労務構成人員

職 種	作 業 人 員
土木一般世話役	1
特殊作業員	2
普通作業員	1
合 計	4

※機械の架台、作業足場等の仮設作業が必要となる場合は、別途考慮する。

2. 標準労務構成

アースドレーン工法における作業班の標準労務構成は、次の通りとする。

表 1 4 標準労務構成人員

職 種	作 業 人 員	
	(DN-2)	(DN-3)
打設機械機種		
土木一般世話役	1	1
特殊作業員	2	2
普通作業員	1	1
合 計	4	4

※ 特殊作業となる場合は、別途考慮する。

3. 各職種の労務単価表

労務単価は、一般的に国土交通省経済局労務資産室の調査表(建設物価)の『労務費調査結果について』を参考とする。

表 1 5 標準労務単価表

職 種	労 務 単 価
土木一般世話役	
特殊作業員	
普通作業員	

3. 夜間作業による補正

夜間作業等の補正については、一般的に次の通りとする。

表 1 6 労務費作業補正

施 工 時 間 帯	補正值
昼 間 作 業	1.00
夜 間 作 業	1.50
特 殊 作 業	*別途考慮

※作業環境(変則時間帯等)の場合は別途考慮する必要がある。

(6) 標準機械の構成及び損料

1. 標準機械構成

アースドレーン工法に使用する標準機械は、次の通りである。

表 1 7 標準使用機械

名 称	規 格	台 数	備 考
ドレーン打設機	DN-2	1 台	深度 6.5m 未満に適用
ドレーン打設機	DN-3	1 台	
簡易プラント		1 式	

2. 機械器具損料の算出方法

(A) 機械器具損料の算出方法

機械器具は次の算式（（）の数字は表-16の欄数を示す。）より求める。

機械器具損料＝運転日当たり損料(9欄)×運転日数＋供用日当たり損料(11欄)×供用日数

(B) 損料率の算出方法

$$\text{①運転日当たり損料率} = \frac{0.5 \times \text{償却費率} + \text{維持修繕費率}}{\text{耐用年数}} \times \frac{1}{\text{年間運転日数}}$$

$$\text{②供用日当たり損料率} = \left(\frac{0.5 \times \text{償却費率}}{\text{耐用年数}} + \text{年間管理費率} \right) \times \frac{1}{\text{年間供用日数}}$$

$$\text{③実働日当たり換算損料率} = \left(\frac{\text{償却費率} + \text{維持修繕費率}}{\text{耐用年数}} + \text{年間管理費率} \right) \times \frac{1}{\text{年間運転日数}}$$

※償却費率は、全て94%とする。

※日本建設機械化協会の『建設機械等損料算定法』に基づいた。

(C) 運転日数と供用日数

- (1) 運転日数＝運転時間の多少にかかわらず、実際に運転される日を通算した日数である。
- (2) 供用日数＝機械を工事現場に搬入する日から、工事の完了に伴い現場から搬出する日迄を通算した日数に、当該搬入出に要する日数を加えた日数である。

- (イ) 機械の運転日数
- (ロ) 土曜、日曜祝日等で作業休止の日数
- (ハ) 悪天候で作業の出来ない日数
- (ニ) 工事現場における機械の整備、修理又は消耗部品交換に要する日数
- (ホ) 工事現場における機械の組立又は、解体に要する日数
- (ヘ) 搬入、搬出に要する日数
- (ト) 法令又は、契約による約定、その他工事施工上又は、工事発注者の都合によって、機械が工事現場に拘束される日数

表18 アースドレーン工法機械設備一覧表

No	機械名	規格		(1) 基礎 価格 (千円)	(2) 耐 用 年 年 数	年間標準			(6) 維持 修理 費率 (%)	(7) 年間 管理 費率 (%)	運転1日当たり		供用1日当たり		運転1日当たり 換算値		備考	
		諸 元	機 関 出 力 (kw)			(3) 運 転 時 間 時 間	(4) 運 転 日 数 (日)	(5) 供 用 日 数 (日)			(8) 損 料 率 ($\times 10^{-6}$)	(9) 損 料 (円)	(10) 損 料 率 ($\times 10^{-6}$)	(11) 損 料 (円)	(12) 損 料 率 ($\times 10^{-6}$)	(13) 損 料 (円)		
①	打設機	DN-2			3	—	90	120	70	20.0	4,333	2,972						
②	打設機	DN-3			3	—	90	120	70	20.0	4,333	2,972						
③	プラント				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

(7) 動力・用水費

1. 燃料費

燃料費は、発電機等に使用する油費を言う。

燃料使用量 Q_1 : (L)

$$Q_1 = 10\text{kVA}(2.2\text{L/h}) \times 1 \text{台} \times \text{運転時間(h)}$$

2. 水道料

水道料には、機械洗浄水・現場清掃等に用いる用水の費用を一切含む。

水道使用量 Q_2 : ($\text{m}^3/\text{日}$)

$$Q_2 = 1.0 (\text{m}^3/\text{日}) \times \text{施工日数(日)}$$

(8) 仮設費

1. 機械据付架台・足場等設置

機械据付の際の架台や作業用足場が必要な場合に設置する仮設に必要な費用。

架台、足場諸材料及び組立撤去工など、一切の費用を含む物とし、実状に応じて積算する。

(参考資料)

頭部処理工 (人孔内消散管型)

表 1 9 消散管配管歩係り (配管長 1 0 m 当たり)

職 種	労務歩係り (人)	適用
土木一般世話役	0.24	
普通作業員	0.97	

3. 間接工事費

(1) 運搬費

1. 運搬車使用台数

運搬台数は、アースドレーン工法に関連する機械・機器類の搬入出や現場内における機械の移動等に要する運搬台数である。また、施工期間中のアースドレーン工法に関する機械・機器類の小口運搬（中間移設工）も含める。

表 20 運搬費の歩掛

項 目	規 格	台 数	備 考
機械・機器設備の搬入搬出	4t 車クレーン付	1	
小 口 運 搬	4t 車クレーン付	1	
打 設 機 の 移 動 運 搬	セルフトレーラー	1	

2. 運搬費

運搬費は、アースドレーン工法に関連する機械・機器類の搬入搬出に要する費用である。これらには、トラック輸送費、積降ろし料ならびに施工期間中の小口運搬の費用一切を含める。

(2) 準備費

- (1) 整地や足場及び防護壁などの費用
- (2) 埋設物防護及び復旧に要する費用

(3) 安全対策費

安全対策費とは、現場における安全対策に要する費用であり、ガードマン、列車見張員、落下・つい落防止設備安全標識、看板等の費用、及び保安の目的を持って造られる仮囲い諸標識、表示灯、照明等の諸設備、機材ならびに設備の撤去、維持補修費等一切の費用。

(4) 役務費

- (1) 仮設建物及び機材置き場等の借地代
- (2) 動力線及び電灯線の引き込み、移設及び撤去、取水設備及び送水設備の費用、取り水に関する用水費、諸設備等に要する費用

(5) 技術管理費

- (1) 施工計画書作成費
- (2) 施工写真費及び整理費
- (3) 報告書作成費
- (4) その他

(6) 営繕費

- (1) 現場事務所、倉庫、宿舍設備等の仮設、営繕、撤去に必要な費用
- (2) 労働者の輸送に要する費用

(7) 現場管理費

(A) 現場管理費の構成要素

- (1) 労務管理費
- (2) 租税公課
- (3) 地代家賃
- (4) 保険料
- (5) 従業員給料手当
- (6) 福利厚生費
- (7) 減価償却費
- (8) 通信費
- (9) 旅費交通費
- (10) 法定福利費
- (11) 事務所管理費
- (12) 交際費
- (13) 補償費
- (14) 雑費

(B) 現場管理費率

表 2 1 現場管理費率(国土交通省土木工事積算基準)

純工事費	現場管理費率
400万円以下	%
400万円～10億円以下	%
10億円以上	%

※工事区分により経費率は、変化する。

(8) 一般管理費

工事原価に表 20 の一般管理費等率を乗じた金額を計上する。

表 2 2 一般管理費等率(国土交通省土木工事積算基準)

工事原価	一般管理費等率
500万円以下	%
500万円～30億円以下	%
30億円以上	%

4. 単価表

第1号		アースドレーン工法一式内訳表				
名称	規格	単位	数量	単価	金額	摘要
直接工事費		式				第2号内訳表
間接工事費	運搬費, 現場管理費	式				
〃	技術料	m				
一般管理費		式				
小計		〃				
合計						

第2号		アースドレーン工事費内訳書				
名称	規格	単位	数量	単価	金額	摘要
ドレーン材		式				第1号単価表
打設消耗材料費		式				第2号単価表
労務費	機械設置撤去工	日				第3号単価表
	アースドレーン工	日				〃
機械損料	ドレーン打設機	式				第4号単価表
	プラント等	式				〃
機械整備費	ドレーン打設機	式				第5号単価表
動力用水費	燃料費	式				第6号単価表
	用水費	式				〃
仮設工		式				※1
付帯工		式				※2
合計						

※1. 機械の据付架台、作業用足場等の設備が必要な場合は別途積算

※2. 舗装切断工・舗装撤去復旧工・頭部（消散帯）処理工別途積算

第1号 ドレーン材料単価表 φ100mm						
名 称	規 格	単 位	数 量	単 価	金 額	摘 要
ドレーン材	フィルタ含	m				表-7
接続ジョイント		個				表-8 ※
ドレーンキャップ		個				表-9
先端ビット (アンカー)		個				表-10
小計						

※ジョイントは、をドレーン（1本/2m）に1個標準とする。

第2号 打設消耗材料費 φ100mm						
名 称	規 格	単 位	数 量	単 価	金 額	摘 要
ロッド・ケーシング	土質別	m				表-11
ロッドオーガー		m				表-12
小計						

※ ロッド・ケーシングおよびロッドオーガーの損耗延長は、ドレーン打設深度の総延長とする。

※ ロッドオーガー損耗費は、ロッドオーガーによる先行削孔を行うときに計上する。

第3号 労務費単価表 機械設置撤去工及びアースドレーン工						
名 称	規 格	単 位	数 量	単 価	金 額	摘 要
労 務 費	土木一般世話役	人				表-14
	特殊作業員	人				〃
	普通作業員	人				〃
小計						

第4号		機械損料単価表				
名 称	規 格	単位	数量	単 価	金 額	摘 要
ドレーン打設機 DN2	運転日	日				表-18
ドレーン打設機 DN2	供用日	日				〃
小計						
ドレーン打設機 DN3	運転日	日				表-18
ドレーン打設機 DN3	供用日	日				〃
小計						
プラント等		日				表-18 ※
小計						

※水中ポンプ・水槽等

第5号		機械整備単価表				
名 称	規 格	単位	数量	単 価	金 額	摘 要
ドレーン打設機	DN-2	式				
ドレーン打設機	DN-3	式				
小計						

※ 機械損料の30%(ロッドオーガー使用)、20%(打設機のみ使用)を計上する。

※ 打設深度が10.0m以上となる場合は機械整備費を2倍とする。

第6号		動力用水費単価表				
名 称	規 格	単位	数量	単 価	金 額	摘 要
発 電 機	10 kVA 1台/日	台				
燃 料 料 金	2.2 L/h	L				※
小計						
水 道 料 金		m ³				
小計						

※ 使用燃料はガソリンを計上

(参考資料)

頭部処理工 (人孔内消散管型)

既設マンホール

第7号 消散管設置工 (一箇所当り単価表)						
名 称	規 格	単位	数量	単 価	金 額	摘 要
労 務 費	土木一般世話役	人				表-18
〃	普通作業員	人				〃
接 続 管	直管	m				
〃	90度T型	個				
〃	90度エルボ	個				
〃	45度曲管	個				
削 孔 工		箇所	1.0			別途積算
管 口 仕 上 げ		箇所	1.0			別途積算
諸 雑 費		式	1.0			
小計						

新設マンホール

第8号 消散管設置工 (一箇所当り単価表)						
名 称	規 格	単位	数量	単 価	金 額	摘 要
土木一般世話役		人				表-18
普通作業員		人				〃
ド レ ー ン 材	フィルタ含む	m				
	ジョイント	個				
	ドレーンキャップ	個				
接 続 管		個				
取 り 付 け 金 具		個				
削 孔 費		箇所				
管 口 仕 上 げ		箇所				
諸 雑 費		式				
小計						

(改訂) 令和7年4月

アースドレーン工法協会

名古屋事務局

〒451-0031 名古屋市西区城西 4-28-18

清光ビル BENTEN 4F

TEL 052-524-3303

FAX 052-524-3304