

(4) 構造細目

(a) 最小、最大鉄筋量

土木構造物設計マニュアル（案）より、鉄筋の間隔は、主鉄筋および配力筋共に 250mm を標準とする。

表 2.41 鉄筋の間隔

径 配筋間隔	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32
125mm				○	○	○	○
250mm	○	○	○	○	○	○	○

出典：土木構造物設計マニュアル（案），p32

最小鉄筋量は、有効断面に対してコンクリート断面積の 0.2% 以上とする。

ただし、円形人孔の側壁など軸方向の支配的な鉄筋コンクリート部材は、計算上必要なコンクリート断面積の 0.8% 以上とする。

圧縮鉄筋および配力鉄筋などの部材設計から算出できない鉄筋については、引張側主鉄筋または軸方向鉄筋の 1/6 以上の鉄筋量を配置するものとする。

表 2.42 配力鉄筋の間隔

主鉄筋 配力鉄筋	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32	D22	D25	D29	D32
	250mm						125mm				
D13ctc250mm	○	○	○	○	○	○					
D16ctc250mm							○	○	○		
D19ctc250mm										○	○

出典：土木構造物設計マニュアル（案），p32

(b) かぶり

主鉄筋中心からコンクリート表面までの距離は 10cm を標準とする。ただし、底版については 11cm を標準とする。

表 2.43 鉄筋のかぶり (N/mm²)

項目 部材分類	主鉄筋かぶり
頂版・側壁面	100mm
中床版・その他	100mm
底版(内外面共)	110mm

(c) 鉄筋の定着長

鉄筋の必要定着長は、重ね継手長 l_a 以上を確保するものとする。
重ね継手長は、次式で算出した値を 10mm 単位に切り上げる。

$$l_a = \sigma_{sa} / (4 \times \tau_{0a}) \times \phi$$

ここに、 l_a : 重ね継手長 (mm)

σ_{sa} : 鉄筋の重ね継手を算出する際の許容引張応力度
(=200N/mm²)

τ_{0a} : コンクリートの許容付着応力度 (=1.6N/mm²)

ϕ : 鉄筋の直径 (mm)

表 2.44 重ね継手長

鉄筋径	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32
l_a (mm)	410	500	600	690	790	910	1000

出典：土木構造物設計マニュアル (案) , p128

(d) 鉄筋の曲げ形状

ラーメン構造の隅角部の外側に沿う鉄筋の曲げ半径は、鉄筋直径の 10 倍以上でなければならない。

表 2.45 鉄筋中心半径及び曲げ部長さ

鉄筋径 (D)	鉄筋中心半径 (10.5D)	曲げ部長さ (L)
D13	140mm	220mm
D16	170mm	267mm
D19	200mm	314mm
D22	240mm	377mm
D25	270mm	424mm
D29	310mm	487mm
D32	340mm	534mm

出典：土木構造物設計マニュアル (案) , p192

4) 計算結果

計算結果は、巻末資料に添付する。

2-3 多面的な安定性の検討

設計計算を行った構造物のうち、造成盛土、切土法面、土堰堤（埋立法面）は規模が大きい構造のため、通常の設計計算に加えて多面的な安全性の検討を行った。

1) 検討対象

検討対象は、図 2.9 に示す造成盛土（埋立法面） $\angle 70\text{m}$ 、切土法面 $\angle 73\text{m}$ 、土堰堤（埋立法面） $\angle 70\text{m}$ とした。

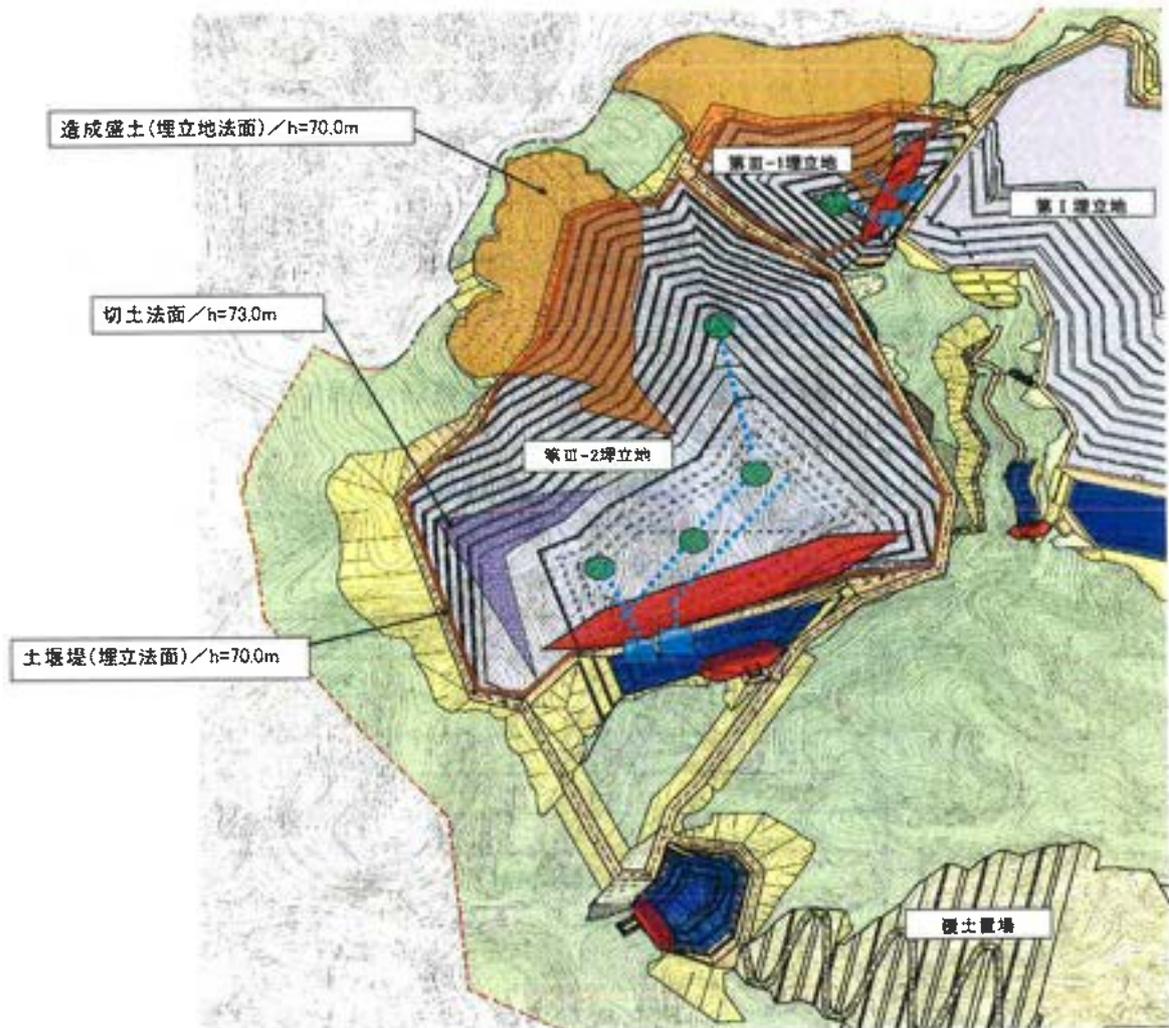


図 2.9 多面的な検討を行った構造物の位置、規模

2) 検討方法

- (1) 造成盛土（埋立法面） $\angle 70\text{m}$ …有効応力法による複合すべり計算
出典：道路上工 切上工・斜面安定工指針（平成 21 年度版）p398～399
- (2) 切土法面 $\angle 73\text{m}$ …せん断強度低減法による有限要素法
出典：日本地すべり学界「有限要素法による地すべり解析」（2006）

(3) 土堰堤（埋立法面）／70m……① 地震応答解析

出典：NEXCO 設計要領（平成 28 年 8 月）p4～20 ほか

……② 有効応力法による複合すべり計算

出典：道路土工 切土工・斜面安定工指針（平成 21 年度版）p398～399

3) 検討結果

検討結果は巻末資料に添付する。

3 遮水計画

1) 基準省令による遮水工構造

最終処分場の遮水工は、平成10年6月の『一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令の一部を改正する命令、1998、総理府・厚生省令第2号』（以下、基準省令という）の改正により、「遮水シートと不透水性土質等の組合せによる遮水工の二重化、保護層の設置等遮水機能の強化等」が図られた。基準省令による遮水構造の考え方としては下記のとおりである。

基準省令における遮水工の規定

a) 遮水工が不必要な地盤条件（基準省令第1条第1項第5号イ）

5 m以上、かつ透水係数が 100nm/s ($1 \times 10^{-5}\text{cm/s}$) 以下である連続した地層であることまた、表面遮水工の構造としては、次の3種類または同等以上のものと規定されている。

b) 表面遮水工の構造（基準省令第1条第1項第5号イ（1））

- ・ 透水係数が 100nm/s ($1 \times 10^{-6}\text{cm/s}$) 以下で厚さ50cm以上の粘土などの表面に遮水シートが敷設されたもの
- ・ 透水係数が 1nm/s ($1 \times 10^{-7}\text{cm/s}$) 以下で厚さ5cm以上の水密アスファルトコンクリートなどの表面に遮水シートが敷設されたもの
- ・ 不織布などの表面に二重の遮水シートが敷設されたもの。二重遮水シートの間には、上下の遮水シートが同時に損傷しないように不織布などが敷設されたもの

（例外規定）法面勾配が50%以上で、浸出水の貯水のおそれのない法面部にあっては、モルタル吹付などに、遮水シートまたはゴムアスファルトを敷設した構造でもよい

c) 表面遮水工の保護規定

- ・ 日射による劣化のおそれのある場所の遮水シート表面には、遮水シートの劣化防止のため不織布などを敷設すること（基準省令第1条第1項第5号イ（2））
- ・ 作業前には砂などの保護土で覆うこと（基準省令第2条第1項第8号）

d) 鉛直遮水工の構造（基準省令第1条第1項第5号ロ）

- ・ 埋立地の地下全面に不透水性地層がある場合は、下記の鉛直遮水工が認められる。
- ・ 薬剤等の注入により、不透水性地層までの地盤のルジオン値が1以下に固定されたもの
- ・ 厚さ50cm以上、透水係数 10nm/s ($= 1 \times 10^{-6}\text{cm/s}$) 以下の連続壁が不透水性地層まで設けられたもの
- ・ 鋼矢板が不透水性地層まで設けられたものまたは、表面遮水工

出典：『廃棄物最終処分場整備の計画・設計要領』（社）全国都市清掃会議，p238-239

我が国の表面遮水工の基準は、遮水シート以外の遮水構造に対して、透水係数と遮水層厚さの比を一定とすることが原則とされている。すなわち、動水勾配が一定ならば、埋立地から漏水する単位時間あたりの汚染物質の量(=漏水通過速度)は、いずれの構造の場合も同一であり、地下水汚染のリスクも同様であると考えられる。

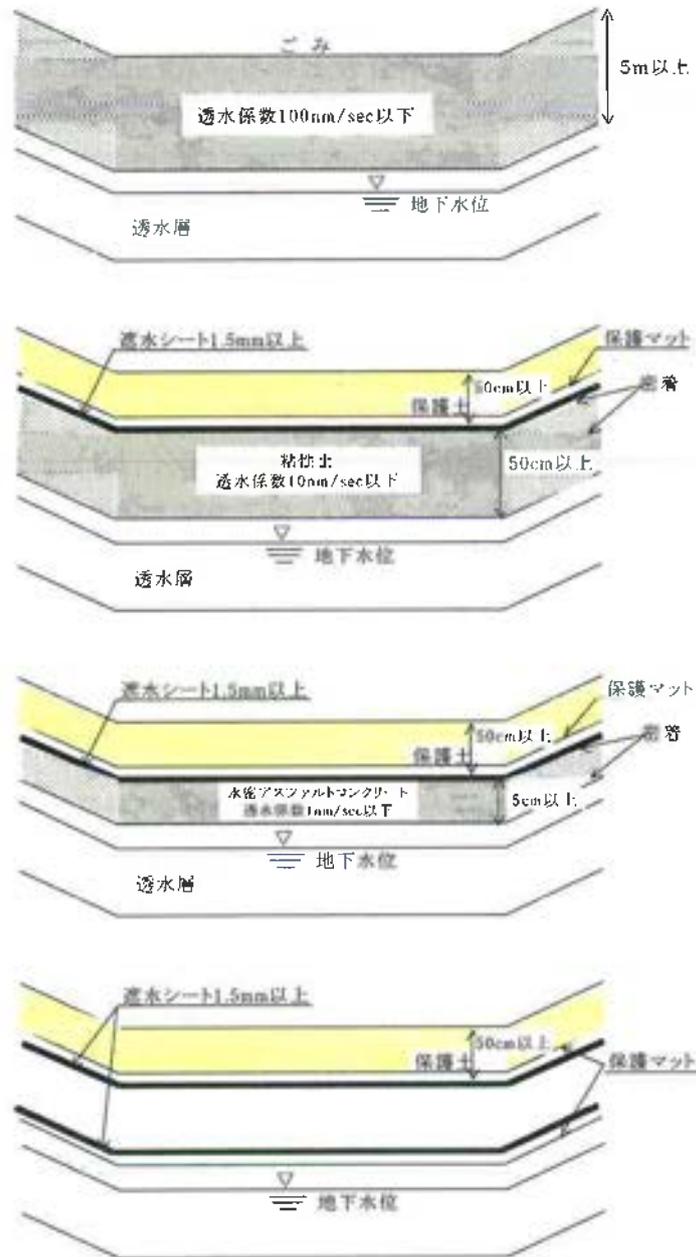


図3-1 基準省令による表面遮水工構造の規定

2) 計画における遮水構造

既設埋立地における基本的遮水構造は下記のとおりであるが、第Ⅲ期計画もこれと同様の構造とする。

- ・埋立地の最下層である基礎地盤には、厚さ50cmのベントナイト系による遮水層（透水係数 1×10^{-6} cm/s以下）を設ける。
- ・自己修復シート（ $t = 4$ mm）を敷設し、押抜き等による漏水を高分子ポリマーにより修復させる。
- ・遮水シートは2重シートとする。
- ・漏水検知システムを施工する。なお同システムは斜面部にも施工する。

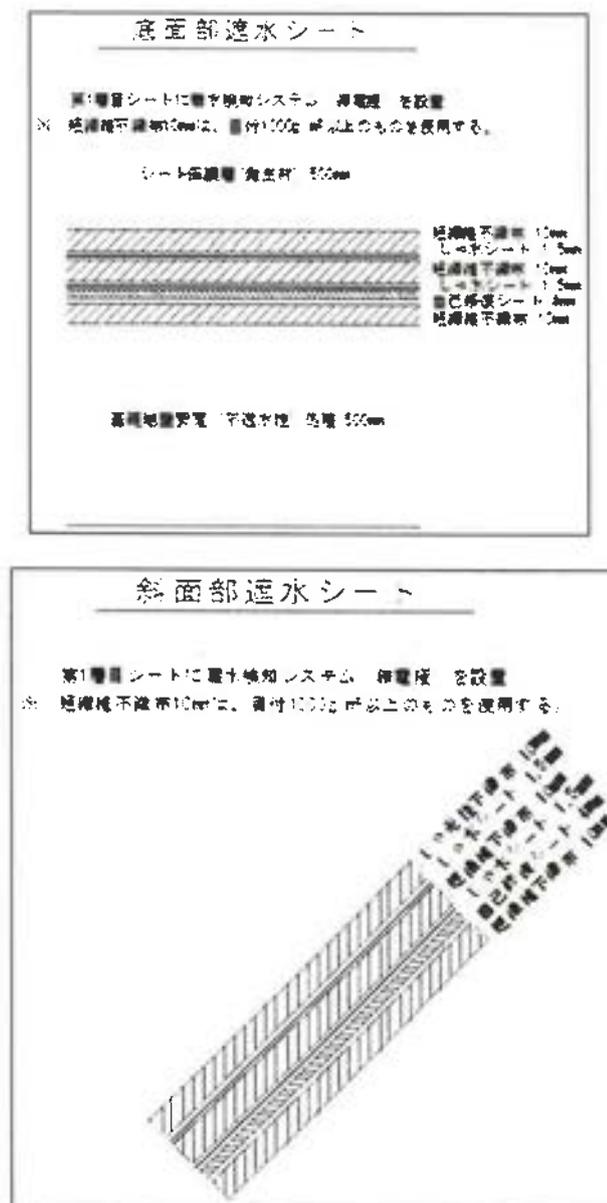


図3-2 既設埋立地における基本的遮水構造

【既設埋立地と構造を同じとする理由】

- ① 本計画に際し増設箇所を実施した地質調査の結果、厚さ5m以上、かつ透水係数が 100nm/s ($1 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$) 以下である連続した地層が確認できなかったこと。
- ② したがって、基準省令で規定される表面遮水工を採用するが、透水係数が 100nm/s ($1 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$) 以下で厚さ50cm以上の粘土層や透水係数が 1 nm/s ($1 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$) 以下で厚さ5cm以上の水密アスファルトコンクリートの施工が、埋立地の造成計画上、法面が連続する形状となるため、極めて困難なため、2重シート構造の採用が妥当であること。

【基準省令に加えて配慮する事項】

小櫃川流域の最上流に位置するという立地条件から、既設時の千葉県廃棄物処理施設設置等専門委員会での指導、協議結果等を踏まえ、事業者として、上記の法の規定に追加して、既設時同様に次の対策を講じ、一層の安全性確保に努めるものとした。すなわち、

- ① 2重シート構造の第1層目で異常を検知する漏水検知システムを施工する。
なお同システムは斜面部にも施工する。
- ② フォールトトレラント設計（例；ランフラットタイヤ）的な考えから、自己修復シート（ $t=4\text{mm}$ ）を敷設し、シート構造上部からの鋭利な突起物（棒状の廃棄物など）による万が一の押抜き等による漏水を高分子ポリマーにより修復させる構造とする。
- ③ さらに、埋立地の最下層である埋立地底部の基礎地盤には、シート構造上部からの鋭利な突起物（棒状の廃棄物など）やシート構造下部の地盤の突起に対するフェイルセーフ設計的な考えとシート構造敷設に不可欠な平滑な仕上げ効果を得るため、厚さ50cmのベントナイト系による遮水層（透水係数 $1 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$ 以下）を設ける。

3) 遮水工の構造検討

遮水工法の選定に際し検討した過程を記す。

(1) 遮水工法の選択

遮水工法は、表3-1及び図3-3に示す鉛直遮水工と表面遮水工に大別できる。

本計画地の基礎地盤には、鉛直遮水工に不可欠な一様な不透水層は確認できていない。このため、表面遮水工の設置が必要である。

■ 鉛直遮水工

地中に岩盤や粘性土の難透水性層が水平方向に広がっている場合に、垂直または斜めに難透水性地盤に達するように遮水工を施工し、浸出水や地下水の浸透路長を長くすることにより、埋立地内の水の移動を断する方法である。

■ 表面遮水工

埋立地の地盤の透水係数が大きい場合や難透水層が非常に深い所にある場合に採用される方法である。この方法では、埋立地全体を遮水材料で覆うことが多く、原則として地下水集排水施設を施工する必要がある。国内実績では表面遮水工が行われている例がほとんどで、遮水材にはシート系材料が多く用いられている。

表3-1 鉛直・表面遮水工の比較

項目	鉛直遮水工	表面遮水工
採用条件	地中に水平方向の遮水層が存在すること	埋立地の必要な範囲に遮水材料で覆える下地があること
地下水集排水施設	不要	一般的に必要
遮水性の確認	地下に埋設されるので効果の確認が難しい	施工時には目視で確認できるが埋立が行われた後は難しい
経済性	遮水工の単位面積当たりの工費は高いが総工事費としては安い	遮水工の単位面積当たりの工費は安いが埋立地全体に施工する場合が多く総工事費としては高い
補修	地中なので難しい面もあるが、遮水工としての補強施工は可能	廃棄物の埋立前ならば容易であるが、埋立後は難しい

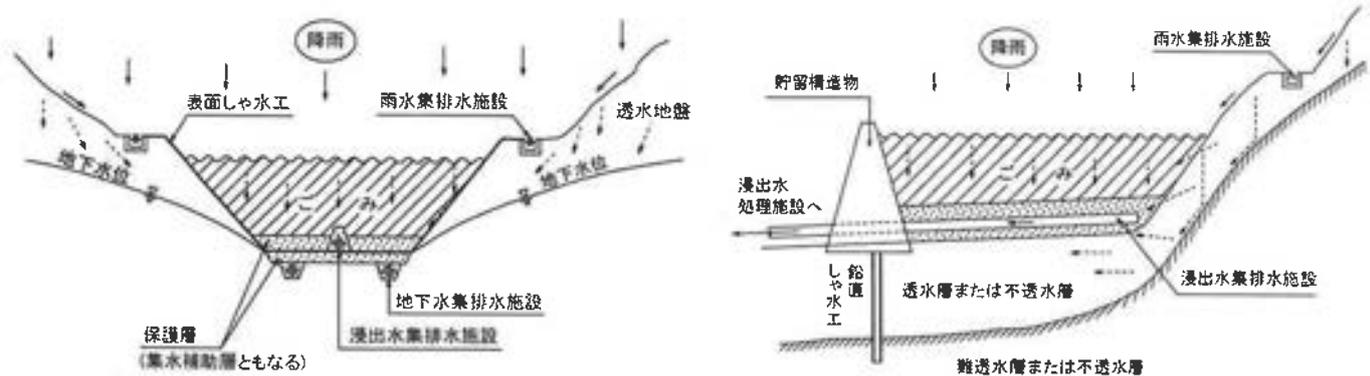


図3-3 遮水工の概念図

(2) 遮水工の基本構造の選定

基準省令に示される以下の3種類の基本構造について比較検討した。

- ・ 上質材料+遮水シート
- ・ 水密アスコン+遮水シート
- ・ 二重遮水シート

①材料特性

以下に遮水工を構成する各材量の特徴を示す。

■ 上質材料（アースライニング）

遮水シート以外の材料はいずれも、遮水シートとは異なり、遮水材料を現場施工で製品化することになるため、施工の良否が遮水性に大きく影響する特徴がある。反面、上質材料は天然材料であり、遮水シートなど人工材料に比べ長期耐久性があると言える。

また、遮水層に厚さがあるため、汚染物質の外部流出が冗長される点や、汚濁物質の土粒子への吸着による希釈効果も期待される。

表3-2 土質遮水材と人工遮水材との特徴比較

	土質遮水材料	人工遮水材料
遮水性能	透水性は0ではなく一般に人工材料より大きい。	材質によっては完全遮水である。(有機化学物質の分子拡散浸透が指摘されている)
品質	均一材料の入手が難しく、施工管理に手間が掛かる。 層(厚さがある)構造であり特に外力について耐久性がある。	規格化が進み施工が容易である。 種類により層状のものとシート状のものがある。シート状のものは外力に弱い。
供給	地形、地質および立地条件に左右されるが、条件さえそろえば非常に経済的。	全国一律に入手可能である。

アースライニングによる遮水材料は、粘土やローム質等を用いた難透水性粘土、粘性土にセメント・石灰などシルト分を添加し、強度特性と不透水性を改良したセメント・石灰系、現地発生土とベントナイトを混合して不透水性層を形成するベントナイト混合系の3種類に分けられる。

従来は難透水性粘土が一般的に用いられてきたが、材料の入手が困難な点からベントナイト混合系の遮水層の設置が増えてきている。セメント・石灰系は特に軟弱な基盤では地盤の変化に追従できないため亀裂を生じやすい。

■ アスファルトライニング

アスファルトライニングは、アスファルト混合物を基盤上に撒きだして遮水工を形成する工法で、一般的にたわみ性が大きく、多少の地盤沈下には追従する性質を持つが過度の変形は期待できない。また、背面水や空気など背圧によっても変形し易いため、適切な地下排水設備や下地の湧水対策を十分行うことが必要となる。施工にはアスファルト混合物の転圧が必要であるため、法面部（1：1.7より急勾配）への施工は施工の安全面や品質面で問題がある。

■ 遮水シート

遮水シートの材料としては合成ゴム系、合成樹脂系、アスファルト系、ペントナイト系および積層タイプ複合シート系に大別される。配合する成分により材料としての性質が異なる。最近では異種の材料を組み合わせた複合材料によるシートも提案されている。

遮水シートは一般的に施工性、経済性に優れるが、破損した場合の漏水リスクが高いため、各種保護材を布設して、破損を防止することが前提条件となる。

■ 吹き付けタイプ

吹き付けによる遮水工は、急峻な斜面や凹凸のある下地に遮水工の施工が行えること、吹き付けであるため接続部分ができず構造物との取り合い部の施工性にも優れるなどの利点がある。しかし、アスファルト系の材料を使用した場合シート背面から水がにじみ出す部分に施工した場合、時間の経過とともに剥離が生ずるため、下地の止水を完全にするなどの処置が必要である。基準省令においては、勾配が50%以上で、保有水等の水位が達するおそれのない法面では、モルタル吹き付け+ゴムアスファルトシートも遮水構造として規定されている。

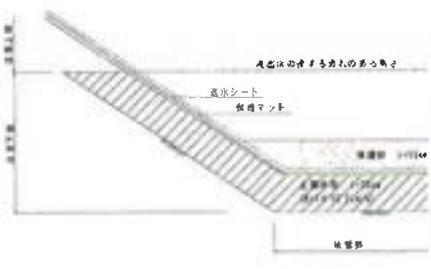
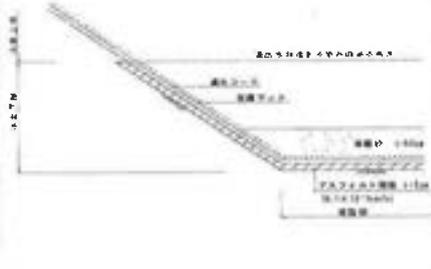
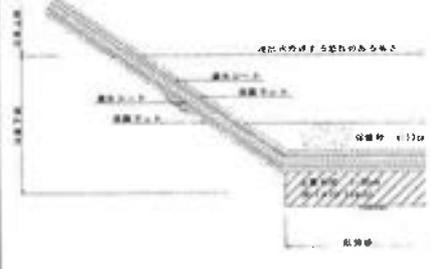
②基本構造の選定

構造的な特徴としては、遮水シートと土質材料、または遮水シートとアスファルト舗装を組み合わせた遮水構造は、遮水シートの伸縮性や施工性等に加えて、厚さ、強度及び冗長性を有することとなるため、同一要因に対する遮水機能の破損や漏水リスクは少ない利点がある。この点において、二重遮水シート構造は、止水性の高い材質であるが、破損した場合の漏水リスクが高く、厚さ、強度を補強する保護材による機能の強化が不可欠である。

上記特徴を踏まえ本施設では、材料の地盤追従性と施工の確実性を重視して、基本的な遮水構造として、二重遮水シート構造を採用することとした。ただし、二重の遮水シートの構造的な課題を補うため、保護対策を十分行うこととし、基盤の安定処理や保護材に厚さや強度及び遮光性を付加することとして、全体の遮水構造の信頼性を高めることとする。

表3-3に遮水工基本構造の比較表を示す。

表3-3 遮水工基本構造の比較

構造の分類	構造的特徴		エラー!
	利点	課題と対策	
<p>土質材料+遮水シート案</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・遮水シートと土質材料の複合構造で、厚さがあることから、同時破損の危険性は低い。 ・土質材料による遮水層は天然材料であるため、人工材料に比べ長期耐久性がある。 ・施工精度には部分的なばらつきが生じる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・現地発生材に固化材（セメント系、ベントナイト等）を混合し、遮水層を構築することから、施工の良否が遮水性能に大きく影響する。 ・法面が急勾配では施工できない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・法面勾配は1:1.5であるため、遮水性を確保するための締め固めが行えない。 ・また、湧水等による土質材料の洗掘の恐れもあり、適応性は低い。 <p style="text-align: right;">×</p>
<p>アスファルト舗装+遮水シート案</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・遮水シートとの複合構造で、厚さや強度があることから、同時破損の危険性は低い。 ・たわみ性があるため、多少の地盤沈下には追従する。(過度の変形は期待できない) 	<ul style="list-style-type: none"> ・背面水等の背圧に対して変形しやすい。 ・現場舗設によって遮水層を構築することから、施工の良否が遮水性能に大きく影響する。 ・法面が急勾配では施工できない。一般的には1:1.7より緩い勾配が施工条件となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・地下水の湧出がある場合、背圧のかかる恐れがあり、本施設での適応性は低い。 <p style="text-align: right;">△</p>
<p>二重遮水シート案+底盤安定(不透水性)案</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・材料は工場製品であり、基盤処理や現場接合を適切に行えば、完全遮水工となる。 ・遮水シートには伸縮性があり、緩やかな変化には追従できる。 ・加工が行いやすく、構造物廻りや隅角部の施工が行いやすい。 ・接合部の全数検査等、施工に対する信頼性が高い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・二重の遮水材が同種の材料であり、また、材料自体の厚さがない事による破損のリスクがあるが、その対策として保護マット、自己修復シートや下地処理層など十分な保護層を敷設する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・二重遮水構造を施工する上での地形的な制約事項は特にない。 ・本施設への適応性は高い。 <p style="text-align: right;">○</p>

※1 凡例 …○：適合 △：施工可能であるが注意が必要 ×：不適

③本計画における遮水構造

本計画における遮水工の構造は、基準省令に準拠するとともに遮水機能を強化した次の遮水構造（表3-4、図3-4）とする。

表3-4 本計画における遮水構造

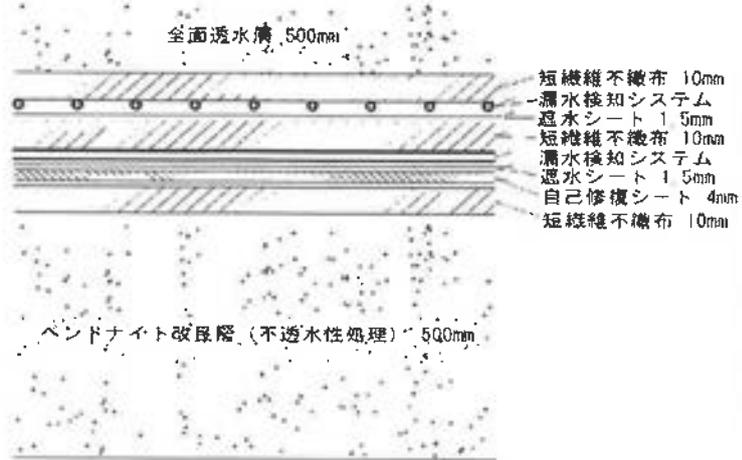
（上から順に設定）

設置場所	遮水構造			その多機能
	基準省令による遮水構造	種類（目的）	強化した機能	
埋立地底面			全面透水層（保有水の集排水を促進するため）	
	第1層	短繊維不織布（埋立処分に用いる車両の走行又は作業による衝撃その他の負荷により二重の遮水シートが同時に損傷することを防止できる厚さ及び強度を有する不織布）		
				漏水検知システムの上面電極
	第2層	上面遮水シート		
	第3層	短繊維不織布（埋立処分に用いる車両の走行又は作業による衝撃その他の負荷により二重の遮水シートが同時に損傷することを防止できる厚さ及び強度を有する不織布）		
				漏水検知システムの下面電極
	第4層	下面遮水シート		
			自己修復シート（二重遮水シートが損傷を受けた場合、自己修復機能を持たせる）	
	第5層	短繊維不織布（埋立処分に用いる車両の走行又は作業による衝撃その他の負荷により二重の遮水シートが同時に損傷することを防止できる厚さ及び強度を有する不織布）		

埋立地法 面	第1層	短繊維不織布（日射による劣化を防止するため）		
	第2層	上面遮水シート		
				漏水検知システムの上面電極
	第3層	短繊維不織布（埋立作業による衝撃その他の負荷により二重の遮水シートが同時に損傷することを防止できる十分な厚さ及び強度を有する）		
				漏水検知システムの上面電極
	第4層		下面遮水シート	
			自己修復シート（二重遮水シートが損傷を受けた場合、自己修復機能を持たせる）	
第5層		短繊維不織布		

底面部の遮水構造

上面の遮水シートを挟んで漏水検知システム（線電極：相互に直交）を設置
 ※ 短繊維不織布10mmは、目付1000g/m²以上のものを使用する。



法面部の遮水構造

上面の遮水シートを挟んで漏水検知システム（線電極：相互に直交）を設置
 ※ 短繊維不織布10mmは、目付1000g/m²以上のものを使用する。

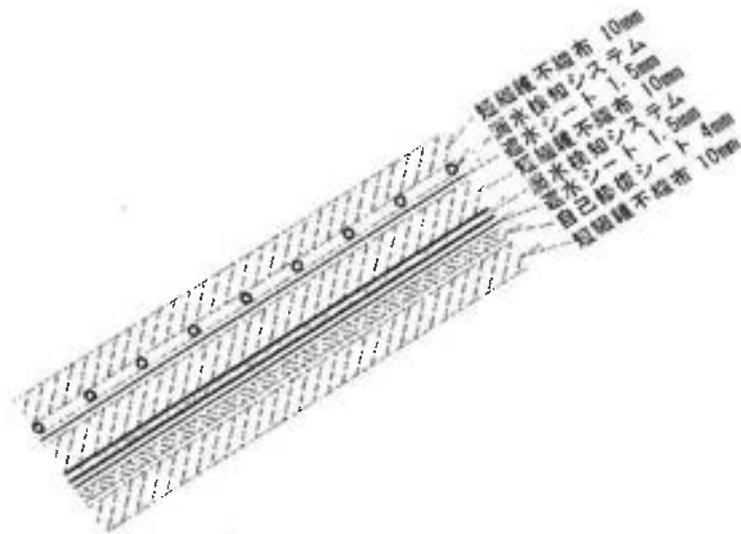


図3-4 底面部・法面部の遮水構造

なお、第Ⅲ-2-1工区では、連続する法面の中段に防災用の緩衝帯を設ける計画であるが、緩衝帯の幅は約16mと広く、埋立地法面の他の小段とは規模が異なるため、底面部の遮水構造を採用する。

(3) 遮水シート材料の選定

遮水シート材料として用いられている材料の種類を図3-5に示すが、本施設では、重遮水シート構造を基本とすることから、合成ゴム系・合成樹脂系の材料の中から主要な遮水シートとして、HDPE、LLDPE、TPO及びFPA（TPOの改良製品）について比較を行う。

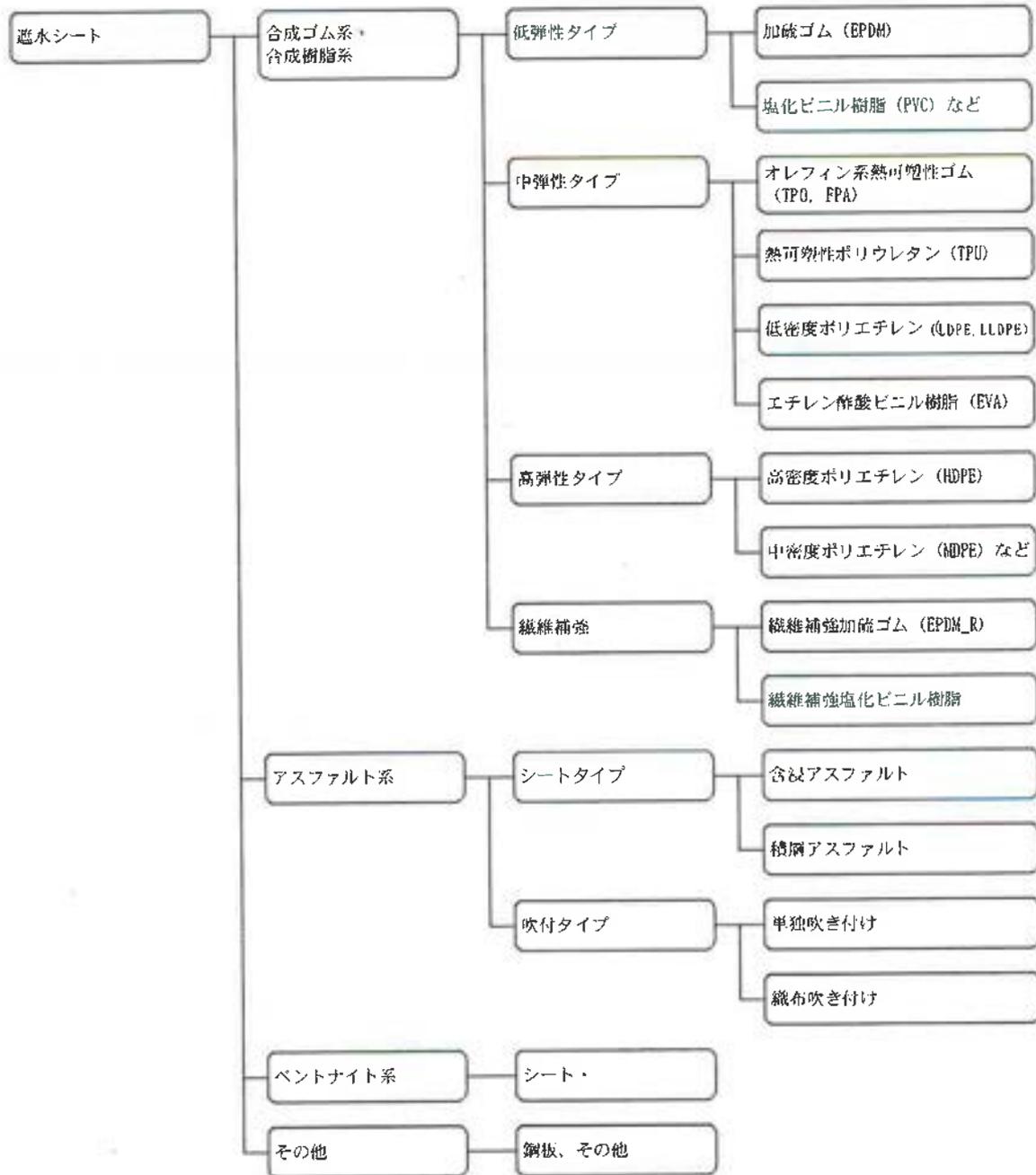


図3-5 遮水シート材の種類

本施設の遮水シートに求められる特性としては、以下に示すような項目が挙げられる。

表3-5 遮水シートに求められる特性

項目	内容
① 柔軟性	埋立地の形状は、法面が多く、地形に沿った埋立地の形状を為すため、材料の現場加工や接合が容易であるなど施工性に優れた柔らかい材料が望まれる。 また、不陸や洗掘等による地盤の凹凸に追従できる柔軟性、伸縮性が求められる。
② 強さ	遮水シートには、基礎地盤の沈下や湧水による洗掘等によって局所的に荷重が掛かったり、法面部では重機による転圧やごみ層の沈下による引張り力、及びごみ等突起物の突き刺しなど、遮水シートに作用する外力による破損が予想される。 これら外力によるシートへの影響は、基盤施工や保護層、埋立作業によって回避できるが、シート自体に外力に抵抗する強さが備わっていることが安全性を担保する上で重要である。
③ 接合性能	遮水シートは現場接合で止水性を確保する。このため、施工現場での熱融着接合性能が良い材質が望まれる。
④ 材質の安全性・均質性、化学特性	特に地下水に接触する下層遮水シートについては、遮水シート自体に含まれる添加剤の溶出の恐れが少ない材料が望まれる。 また、遮水シート材料には、素材に均質性があることが望ましい。 なお、第Ⅲ埋立地で埋立てる廃棄物の種類は、既設埋立地で埋立てている廃棄物と同様のものであり、遮水シートに悪影響を及ぼす、強酸、強アルカリ、高塩素、油性の性状を示すものは受け入れていない（表3-6参照）が、より安全性を高めるため、化学特性にも配慮する。
⑤ 耐用年数	第Ⅲ埋立地は埋立開始から24年間の埋立期間を予定している。その後の管理期間を同年程度見込むと、遮水工の使用年限は約50年間と想定されることから、この期間と同等の耐用年数を有する遮水シートを採用する。

表3-6 既設埋立地の原水濃度の最大値

水 温		℃	10～ 30
水素イオン濃度指数	pH	-	7～8
塩化物イオン	Cl ⁻	mg/L	7,000
硫酸イオン	SO ₄ ²⁻	mg/L	300

以上の特性に対する遮水シートの適性を比較検討する。

各シート特性の比較を表3-7に示す。

① 柔軟性

表3-7中の硬度は材料の硬さ（柔らかさ）を示す指標である。これによると、最も柔らかい値（低い値）を示しているのがLLDPE、次いでFPAである。

② 強さ

表3-7中の引張り強さ、引裂強さ共にLLDPEが最も優れている。

③ 接合性能

いずれの材質も、機械溶着の接合性能は良好である。ただし、材質の硬いHDPEは、細部や隅角部でのハンド溶着の施工性に劣る。

④ 材質の安全性・均質性等

- ・安全性：いずれの材質も可塑剤を含まないため、可塑剤溶出の恐れはない。
- ・均質性：FPAシートは TPOに見られる素材の不均質性を解消する製法によっているため、均質な物性が得られる素材であるとされている。合成樹脂系シート（HDPE、LLDPE）は単一組成であるため、均質な物性を示す。
- ・対化学特性：耐酸、耐アルカリ、耐塩性に関してはどのシートも問題はない。耐油性については、TPOとFPAがやや劣っている。

⑤ 耐用年数

各シートとも50年の耐用年数を有している。

以上、基本物性（機械特性、化学特性）、施工性、耐久性等を総合的に、また安全性を最も重視して評価した結果、本計画における遮水シートは、最も優れている低密度ポリエチレンシート（LLDPE）を採用することとした。

表3-7 各種遮水シートの比較

項目	種類	合成樹脂系		合成ゴム系		
		高密度ポリエチレン (HDPE)	低密度ポリエチレン (LLDPE)	オレフィン系シート (EPO)	ポリマーアロイシート (EPA)	
材質		ポリエチレンを重合し、安定剤を添加し、成形加工したシート。	高密度・低圧法で製造される高密度ポリエチレンで、密度が0.91~0.93の物を用いた比較的高純度のシート。	オレフィン系ポリマーに種々のポリマーをブレンドし、成形加工したシート。	オレフィン系ポリマーと種々のポリマーを重合させ、成形加工したシート。	
基本物性	機械的	引張り強さ kgf/cm^2	270~380	450~500	130~230	210以上
		切断伸び率 %	300~800	800	450~700	600以上
	特性	引張強さ kgf/cm	50~150	221~232	20~80	70~77
		硬 度 kgfA	85~100	85~89	90~95	93以下
	化学特性	耐酸性	◎	◎	◎	◎
		耐アルカリ性	◎	◎	◎	◎
		耐塩性	◎	◎	◎	◎
		耐油性	◎	◎	◎	◎
	材質の均質性	◎	◎	◎	◎	
	特徴		均質性が高い。 (90%組成材料のため)	均質性	不均質の恐れがある (製造方法による)	均質性が低い。 (EPO製造方法を改善)
		材質は劣化し、引張り強さ、柔軟性を失うと特定部位の伸びで応答を失う。 化学的特性は他の比較して最も安定している。	材質は柔軟性があり、機械的特性に最も優れる。 化学的特性は安定している。	材質は硬くなり若干硬い。機械的特性は、耐塩、耐酸性に劣る。 化学的特性は安定している。材質の不均質から、物件のバラツキが生じる恐れがある。	均質性が低く、材質・機械的特性、化学的特性は、EPOと同等。EPOと異なり、特性のバラツキは少ない。	
評価		◎	◎	△	◎	
施工性	線膨張係数 $10^{-4}/^{\circ}\text{C}$	1.9~2.0	1.4~1.6	2.0	1.2~1.5	
		◎	◎	◎	◎	
	接合性能 kgf/cm^2	◎	◎	◎	◎	
		◎	◎	◎	◎	
	特徴	◎	◎	◎	◎	
		◎	◎	◎	◎	
	評価	◎	◎	△	◎	
		◎	◎	◎	◎	
	可溶剤の溶出可能性	◎	◎	◎	◎	
		◎	◎	◎	◎	
安全性	◎	◎	◎	◎		
	◎	◎	◎	◎		
耐久性	◎	◎	◎	◎		
	◎	◎	◎	◎		
総合評価	◎	◎	◎	◎		
	◎	◎	◎	◎		

注1: シートの均質性に関する諸数値、引用は、現在文献「メーカーEPAシート」による。
 注2: 日本国土理工学実験室物産試験分場「環境影響評価者養成編」(EPO、EPAによる)による試験結果の数値を引用。
 EPAII、EPAシート研究会「EPAシート」(平成10~12年版)より。

◎: 優、○: 良、△: 可、×: 不可

(4) シート保護に対する配慮

土堰堤に敷設する遮水シートと廃棄物が直接接することがないように、次の方策を徹底する。

① 遮水シートと廃棄物が直接接することがないようにする方策

遮水シートを防護する機能を持つ畳を敷設する。なお、畳がない場合は山砂等で保護層を設ける。

② 遮水シートを破損する恐れのある廃棄物の埋立方策

遮水シートを破損する恐れのある廃棄物（鋭角な形状を有する不燃物等）は土堰堤法面から1m以上の距離を取って埋立を行う。

③ 埋立作業による遮水シートの破損防止方策

埋立作業による遮水シートの破損は、埋立重機による直接の破損、埋立層の沈下による破損、法面保護材の欠如によるものが考えられるため、そのような現象とならないよう、現場作業員へ徹底した遮水シート破損防止の教育を行う。

(5) 漏水検知システムの選定

漏水検知システムは、漏水個所の有無、及び位置の特定の判断材料となり、万一漏水した場合には、漏水個所の補修対策を早期に立案するための重要なデータとなる。その機能は最終処分場施設に対する社会的な要望に応えるものである。

漏水検知システムは、処分場の供用時及び閉鎖時のモニタリングに利用されるほか、シートや保護砂などの敷設時や建設工事完了時の施工状態のチェックにも利用されている。

①漏水検知システムの種類

漏水検知システムの種類は、大別して物理的方式と電気的方式に区分できる。

物理的方式は、二重シート構造の中間層をモニタリングする手法であり、概ね以下のような特徴がある。

- ・破損個所の特定はブロック単位である。
- ・遮水シート上の廃棄物を取り除く以外の補修対策がシステムに整っている。
- ・中間層に流入した浸出水を集水するなど応急的な対策も行える。
- ・モニタリング管や監査廊など土木的設備がシステムを構成するため、地形的制約を受けやすく、検知対象が底盤部のみの設置例が多い。

電気的方式は、いずれの方式も二重シート構造に対応でき、概ね以下のような特徴がある。

- ・破損個所の特定は測定電極の設置間隔等によるが、ほぼ場所を特定できる。
- ・一連のシステムとして補修対策はないが、廃棄物層をケーシング掘削する、あるいは保護材を袋構造に設置することで、遮水シートと一体化する固化材を注入する対策工法が開発されている。
- ・各電極間には、土層や廃棄物層などある程度導電性のある物質が介在することで検知精度が確保される。このため、二重シート中間層に土質材料を敷設できない場合などは不織布等にある程度導電性を付加する必要があることがある。また、埋立前の法面部の上層シートは検知対象になりにくい。

②漏水検知システムの選定

本処分場では、上層遮水シートを対象に、漏水位置の特定が可能な電気的方式の漏水検知システムを全面に採用する。

電気的方式では、各システムとも、導電性の高い基盤や構造物、配管などが遮水シートに接する場所において検知精度が低下する恐れがあるが、検知の原理からは漏水箇所の特定の精度に差異は認められない。ただし、埋立地の大半が法面である本施設では全面的な検知に対して線電極を利用したシステムの適応性が高い。

物理的方式では、二重シートを袋構造とした真空管理方式の適用が考えられるが、真空管理方式では、200㎡～500㎡の1ブロック毎に管理ホースが必要で、管理施設まで管理ホースを接続することとなる。管理ホース自体の管理など、電気的方式の電気配線に比べて構造が複雑で、管理も煩雑となる。電気的方式に比べると検知に要する時間が長く、漏水に対する即応性がない。また、真空ポンプ等の検査など維持管理に費用がかかる。このため、電気的方式比べ、本施設でのシステムの適用には課題も多い。

以上の各システムの適応性を踏まえると共に、本施設では、最大限の漏水リスク管理を行うことを原則に、埋立地の全域を漏水検知の対象と考える。

したがって、上記から、本処分場では、万一の漏水時には、漏水位置の特定が可能な電気的方式（線電極方式）の漏水検知システムを全面に採用する。

表3-10に主な漏水検知システムの種類・比較を示す。

漏水検知システムは、分割したT区（Ⅲ-1、Ⅲ-2-1、Ⅲ-2-2）ごとに独立したシステムを設置する。

[名冊 修1]

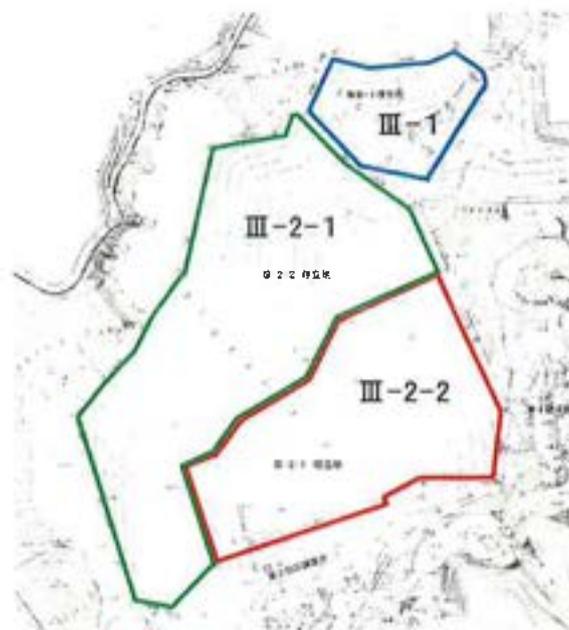
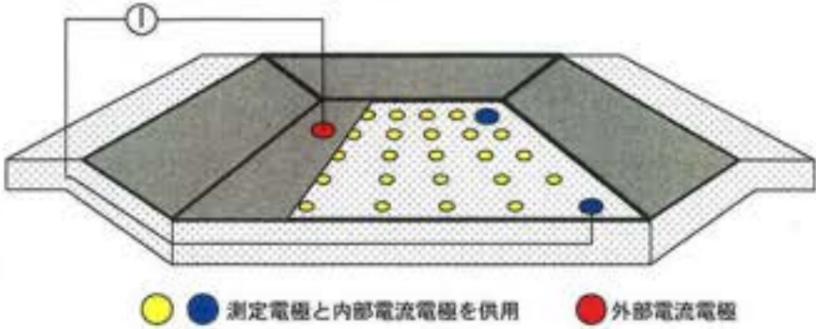
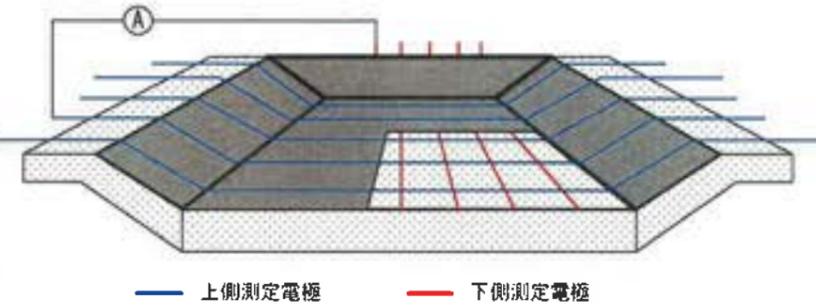
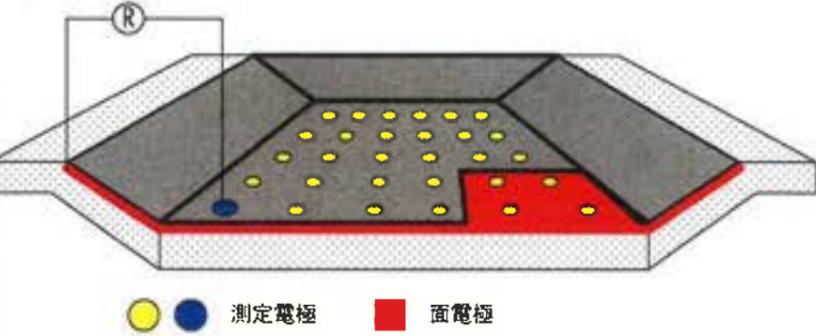


図3-6 漏水検知システムの施工範囲

表3-10 主な漏水検知システムの種類・比較

システムの種類	システムの特徴		計画地への適応性 (※1)	施工実績	漏水箇所の補修方法	
	システムの概要					
電氣的な方式	点電極方式	 <p>①</p> <p>● 測定電極と内部電流電極を併用 ● 外部電流電極</p> <p>処分場の内外に配置した電極に電圧や電流を加えて漏水の有無を検知する。漏水のある場合は、処分場内に格子状に配置した測定用点電極を利用して、電位分布や電界分布を測定し、その歪みから漏水箇所を特定する。</p>	<p>点電極は、格子状に配置され、それぞれが制御装置と接続されている為、1つの電極の破損があっても、格子の1区画のみの影響に留まる。このため、検知精度への影響は少ない。</p> <p>地下水、周辺地盤の影響は少ない。また、構造物については絶縁措置を施し、測定値のデータ処理を行うことで影響を軽減できる。</p> <p>また、電極の設置には、遮水シートと一体化した点電極を法面シートに固定できる。</p>	○	千葉県印西地区 横浜市、平塚市 多数件程度	<p>遮水材の直接的な補修。現在考案されている3種類の補修方法</p> <p>①オープン/仮閉工法による補修方法</p> <p>②ケーシング方法による補修方法</p> <p>③グラウト注入方式の補修方法</p>
	線電極方式	 <p>①</p> <p>— 上側測定電極 — 下側測定電極</p> <p>遮水シートの上下面に直交する線電極を等間隔に配置し、上下の線電極の各1本ずつを選択して交流電圧を印可する。漏水がある場合は、漏水箇所に近い線電極交点において電流値が上昇することを利用して漏水箇所を特定する。</p>	<p>線電極は、格子状に配置され、それぞれが制御装置と接続されている為、1つの電極の破損があっても、格子の1区画のみの影響に留まる。このため、検知精度への影響は少ない。</p> <p>地下水、周辺地盤の影響は少ない。また、構造物については絶縁措置を施し、測定値のデータ処理を行うことで影響を軽減できる。</p> <p>また、法面部の計測が可能である。</p>	○	栃木県鹿沼市 16件程度	
	面電極方式	 <p>①</p> <p>● 測定電極 ■ 面電極</p> <p>遮水シート下部に敷設した面電極(アルミシート)とシート上部の格子状に配置した測定電極間の自然電位を測定し損傷箇所の有無を確認し、損傷がある場合、電極間の交流抵抗値を測定し、その分布図から位置を特定する。</p>	<p>面電極は保護マットと一体であるため、電極の施工には問題がなく、施工性が良い。</p> <p>シート下面に面電極があるため、電極を使用したシート施工時の損傷の有無を検査できる。</p> <p>地下水、周辺地盤の影響は少ない。また、構造物については絶縁措置を施し、測定値のデータ処理を行うことで影響を軽減できる。また、簡易な移動電極の併用により測定ポイントを追加可能であるため、ピンポイントでの検出が可能。</p>	○	福井県高浜町 10件程度	

※システム特性、経済性、施工実績等は各メーカー資料によるヒアリング。 ※1 凡例 … ○：適合 △：施工可能であるが注意が必要 ×：不適

4) 遮水工の安全性の検証

本施設の遮水工に関する安全性を検証する。

(1) 遮水シートの損壊要因と設計に求められる要素

「廃棄物最終処分場整備の計画・設計要領」（社団法人 全国都市清掃会議）には、遮水シートの損壊要因や最終処分場の法面部の遮水シートにかかる外力の評価方法が示されている。シートの損壊要因としては、下記のようなものがあげられている。

- ・地盤：不陸や突起物、圧密沈下、流水に伴う土砂流出による沈下、陥没など
- ・地下水：地下水による揚圧力など
- ・埋立作業：作業機械の接触、車両の急転回など
- ・廃棄物：廃棄物中の鋭利物、廃棄物荷重など
- ・気象：紫外線劣化、熱応力、ストレスクラッキングなど
- ・施工：車両等の接触、接合不良など

このうち、埋立作業や施工に伴う直接の損壊は、作業時に十分注意を払い、損壊防止に努めることが原則となる。気象に関する劣化は、遮光性の保護マットの敷設が義務付けられているため、保護することが前提となる。埋立が到達するまで露出する法面は遮光性不織布を敷設している。地下水の影響は、遮水シートに揚圧力が働かないよう地下水集排水施設を敷設することが基本であり、別途十分な排水能力を有する地下排水管を密に計画している。また、地質調査の結果では、揚圧力が働くほどの地下水が常時存在するような状況にはないことを確認している。廃棄物中に含まれる鋭利な物質による遮水シートの損傷は、搬入管理、埋立管理を徹底し、そのような廃棄物を埋立ないようにするとともに、保護マットを敷設して防止する。したがって、遮水シートの設計にあたっては、地盤の沈下、廃棄物荷重に対する安全性を検討することが主要な要素となる。

法面部の遮水シートに引張応力が発生する要因として、次のようなことがあげられている。すなわち、

- ・遮水工の自重
- ・遮水工の温度低下による収縮力（熱応力）
- ・風による負圧揚力
- ・地盤沈下による引き込み張力
- ・埋立廃棄物の荷重や沈下及び重機走行によるシートの引き込み
- ・搬入道路における走行荷重によるシートの引き込み

である。今後の閉鎖のための覆土及び盛土施工の状況を勘案すると、上記のうち埋立廃棄物の荷重と沈下、シート自重、シートの熱応力、埋め立て時の重機走行荷重による引き込み力が外力として考えられる。

埋立地底部と法面は、かかる外力も異なるため、区分して検討すべきものと考えられる。

埋立地底部は、基盤の砂岩という土質性状と長期間にわたる埋立層の形成から埋立荷重と盛土箇所の地盤沈下による影響が考えられる。

法面部は、シート自重、シートの熱応力、埋め立て時の引き込み力、盛土箇所の地盤沈下が外力として考えられる。また、風による影響もシートの露出がある場合が対象であるため、ここでは影響がないものと考えられる。搬入道路はアスファルト舗装を施しているため、車両の走行荷重による影響はないものと考えられる。

表3-11 設計に求められる要素

	シートに加わる外力	備 考
埋立地底部	① 盛土箇所の地盤沈下による引張応力	載荷重：埋立荷重・埋立機械による活荷重(10kN/m ²)
法 面 部	① 遮水工の自重 ② 熱応力 ③ 埋立機械による引き込み力 ④ 盛土箇所の地盤沈下による引張応力	載荷重：埋立荷重・埋立機械による活荷重(10kN/m ²)

(2) 基盤の強度について

① 基盤の強度

埋立地の埋立に供せられる廃棄物、覆土、埋立地に敷設された遮水構造、基礎地盤ともに広義には弾性体と考えられるため、剛体の構造物を支持することとは性格を異にすると考えられ、材料の拘束状況が解除されるような著しい破壊が生じない限りは、沈下に代表される変形が生じて、その変形に追隨した安定が得られるものと推測される。埋立荷重は、 $95.2 \text{ t/m}^2 (=13.6 \text{ kN/m}^3 \times 70 \text{ m} \div 10 \text{ kN/t})$ となる。

これら全体を受ける基礎地盤の許容支持力は、I期の貯留堰堤施工時の平板載荷試験で千葉県、君津市監督員立ち会いのもと、 120 t/m^2 (極限支持力は未確認) 以上の支持力であることを確認している。

また、Ⅲ-2貯留堰堤の基礎地盤の極限支持力は、 2085 kN/m^2 であり (p2-21)、埋立荷重 (952 kN/m^2) を七回ることから安全性を確認した。

② 基盤の変形とシートへの影響

前述した平板載荷試験の結果は表3-12のとおりであり、基盤の弾性変形量は、 $1,177.2 \text{ kN/m}^2$ の荷重で 1.848 mm の沈下量という結果が得られている。埋立完了時のレベルで見た埋立荷重の最大は約 952 kN/m^2 の荷重で 1.5 mm 程度の沈下量と予測できる。

$$1.848 \text{ mm} \times 952 \text{ kN/m}^2 \div 1,177.2 \text{ kN/m}^2 = 1.49 \text{ mm}$$

算出した沈下量は道路橋示方書の許容沈下量 50 mm^* 以下となり、基礎地盤の沈下による影響はないと考えられる。

$$\text{道路橋示方書の許容沈下量 } 50 \text{ mm} > 1.49 \text{ mm}$$

※ 道路橋示方書 p. 270 (レベルI地震時で規定する許容変位の値を準用)

したがって、基盤の変形量は、遮水シートに大きな応力が発生する要因にはならないものと考えられる。設計に際しては、局部的な盛土地盤箇所の変形量を把握してその影響を検討する。

埋立地底部の旧沖積層は除去して盛土するものとしているが、地質調査結果では、沖積層には土質工学的に見て砂以外はほとんどないので、即時沈下への対処で問題ないと考えられる。

また、基盤の新第三紀層の粘上層は、定性的には過圧密状態 (先行荷重は、載荷荷重よりも大きい) にあるので圧密は起こらないと考えられる。

なお、増設工事に際しては、基盤の品質に留意し、造成時に平板載荷試験を実施して、地盤の強度を確認するものとする。

表3-12 各荷重段階の最終沈下量

荷重 (kN)		0.00	10.45	20.90	31.34	41.79	52.24	62.69	73.13	83.58
荷重度 (kN/m ²)		0.00	147.15	294.30	441.45	588.60	735.75	882.90	1,030.05	1,177.20
最終沈下量 (mm)	載荷	0.000	0.435	0.695	0.940	1.160	1.345	1.518	1.690	1.848
	除荷	0.458	1.138	1.350	1.508	4.625	1.710	1.773	1.825	—

(3) 埋立荷重

① 埋立対象廃棄物

埋立対象物は下記のとおりであり、現有施設と同様である。

燃えがら、ばいじん、汚泥、廃プラスチック類、紙くず、木くず、繊維くず、ゴムくず、金属くず、動植物性残渣、ガラスくず・コンクリートくず及び陶磁器くず、鉱さい、がれき類、13号廃棄物(施行令第2条第1項)

なお、現有施設の埋立開始後11年間の廃棄物の種類別埋立量は表3-13に示すとおりである。

表3-13 既存施設の種類別埋立実績

廃棄物の種類	16年度		17年度		18年度		19年度		20年度		21年度	
	量(ト)	比率(%)	量(ト)	比率(%)	量(ト)	比率(%)	量(ト)	比率(%)	量(ト)	比率(%)	量(ト)	比率(%)
燃えがら	4,236	13.5	8,876	10.1	12,574	10.2	21,238	15.1	15,430	13.3	16,748	12.5
ばいじん	1,139	3.8	3,228	3.7	3,983	3.2	7,096	5	7,045	6.1	22,945	17.3
汚泥	5,879	19.4	22,004	25.9	56,661	46.8	40,116	28.6	36,049	31.0	31,088	23.2
廃プラスチック類	8,303	27.3	34,245	38.9	22,099	17.9	20,544	14.6	16,929	14.5	20,472	15.3
紙くず	4,579	15.1	3,365	3.8	1,918	1.5	1,324	1	2,327	2.0	2,505	1.9
木くず	405	1.3	402	0.4	853	0.7	640	0.5	1066	0.9	1,789	1.3
繊維くず	128	0.4	342	0.4	761	0.6	422	0.3	1188	1.0	828	0.6
ゴムくず	0	0	975	1.1	0	0	38	0	48	0.0	52	0
金属くず	42	0.1	132	0.1	45	0	3,579	2.5	4,433	3.8	6,946	5.2
動植物性残渣	1,585	5.2	1,988	2.3	2,676	2.2	0	0	0	0.0	0	0
ガラス・陶磁器くず	2,604	8.6	4,853	5.5	11,335	9.2	22,518	16	15,777	13.5	16,405	12.3
鉱さい	0	0	3,776	4.3	2,795	2.3	5,347	3.8	1,061	0.9	4,256	3.2
がれき類	1,347	4.4	1,917	2.2	4,794	3.9	9,221	6.6	9,782	8.4	8,008	6
13号廃棄物	232	0.8	574	0.6	3,099	2.5	8,401	6	5,305	4.6	1,609	1.2
合計	30,379	100.0	88,100	100.0	123,587	100.0	140,491	100.0	116,444	100.0	133,655	100.0

廃棄物の種類	22年度		23年度		24年度		25年度		26年度		合計	
	量(ト)	比率(%)	量(ト)	比率(%)	量(ト)	比率(%)	量(ト)	比率(%)	量(ト)	比率(%)	量(ト)	比率(%)
燃えがら	25,027	14.0	13,524	9.0	611	4.0	10,422	6.4	8,283	5.3	136,969	10.6
ばいじん	22,617	12.6	10,716	7.1	2,455	15.9	12,555	7.7	6,542	4.2	100,321	7.7
汚泥	28,945	16.2	36,099	23.9	3,602	23.4	52,312	32.1	27,810	17.9	341,367	26.3
廃プラスチック類	27,365	15.3	22,192	14.9	3,771	20.3	21,807	13.4	30,514	19.6	227,895	17.6
紙くず	4,712	2.6	3,374	2.2	306	2.0	3,914	2.4	3,701	3.7	34,649	2.7
木くず	2,833	1.6	2264	1.5	92	0.6	6454	3.9	11885	7.6	28,687	2.2
繊維くず	1,983	1.1	1560	1.0	89	0.6	2186	1.7	3453	2.2	13,549	1.0
ゴムくず	65	0.0	75	0.1	2	0.0	43	0.0	47	0.0	1,342	0.1
金属くず	8,148	4.6	6313	4.2	374	2.4	7,275	4.5	9,633	6.2	46,924	3.6
動植物性残渣	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	6,254	0.5
ガラス・陶磁器くず	25,040	14.0	26,598	17.6	2,882	18.7	20,889	12.8	31,000	19.5	179,907	13.9
鉱さい	19,410	10.9	1,326	0.9	11	0.1	151	0.1	142	0.1	38,275	3.0
がれき類	11,119	6.2	25,605	17.0	1,873	12.1	24,397	15.0	20,513	13.2	118,480	9.1
13号廃棄物	1,689	0.9	885	0.6	0	0.0	0	0.0	0	0.0	21,796	1.7
合計	178,957	100.0	150,833	100.0	15,418	100.0	163,005	100.0	155,527	100.0	1,296,408	100.0

各年でバラつきはあるが、全体でみると汚泥が26.3%と最も多く、次いで廃プラスチック類17.6%、ガラス・陶磁器くず13.9%、燃えがら10.6%で、以上の4日で全体の68.4%を占めている。埋立荷重の結果にもこれらの要素が反映され、今後も大差なくこの傾向が続くものと推測される。

② 埋立荷重の設定

既存施設における埋立開始後11年間の埋立実績は表3-14に示すとおりである。

表3-14 既存施設の埋立実績

年度	廃棄物		中間覆土		小塚堤		覆土計		合計	
	累計実績 (m ³)	割合 (%)								
16年度	30,964	2.2	7,894	2.2	0	0	7,894	1.3	38,858	1.9
17年度	112,309	8.1	25,818	7.2	14,337	5.5	40,155	6.5	152,464	7.6
18年度	185,113	13.4	44,142	12.3	29,214	11.1	73,356	11.8	258,469	12.9
19年度	264,628	19.1	67,465	18.8	46,837	17.5	113,302	18.2	377,930	18.9
20年度	337,018	24.4	85,136	23.7	62,870	23.9	148,006	23.8	485,024	24.2
21年度	410,423	29.7	103,426	28.8	76,930	29.3	180,356	29.0	590,779	29.6
22年度	510,140	36.9	129,816	36.2	94,603	36.0	224,419	36.1	734,559	36.7
23年度	639,185	46.3	169,789	47.3	128,848	49.1	298,637	48.0	937,822	46.8
24年度	657,822	47.6	174,819	48.7	128,848	49.1	303,667	48.9	961,489	48.0
25年度	807,135	58.4	209,086	58.3	130,333	49.6	339,419	54.6	1,146,554	57.2
26年度	1,088,574	78.8	282,784	78.8	142,987	54.4	425,771	68.5	1,514,345	75.6
計画	1,381,895	100.0	358,930	100.0	262,635	100.0	621,565	100.0	2,003,460	100.0

第Ⅱ埋立地の廃棄物の土質試験結果及び第Ⅲ埋立地のボーリング調査による盛土材の土質試験結果から推定した土質定数は表3-15に示すとおりである。

表3-15 第Ⅲ埋立地の廃棄物層の定数推定値

種別	湿潤重量 (kN/m ³)	粘着力 (kN/m ²)	内部摩擦角 (度)	構成比※
廃棄物層	12.6	34.5	35.4	68%
覆土・土塚堤	15.8	19.2	28.6	32%
設計計算に用 いる定数	13.6	29.6	33.2	

※構成比：1/6 B P41参照

第Ⅰ埋立地の保有水の漏出事故に関連する調査・解析により、保有水が漏出した原因は、埋立廃棄物が汚泥等により固結して水を通さない層が散在し、それにより埋立地からの保有水が十分に排水されず、保有水が滞留し、水位が上昇したことが分かった。第Ⅱ埋立地では、その改善策として廃プラスチック類と汚泥を混合して埋め立てるなど廃棄物の均一化を図っている。その効果の現れか、埋立荷重は減少傾向を示しているが、今後の営業展開の中では埋立対象物の大きな変化はないものと考えられ、安定化するものと考えられる。

第Ⅲ埋立地は第Ⅱ埋立地の埋立方法、造成過程を踏襲することから、本計画検討では埋立荷重を表3-15の廃棄物層の湿潤重量である13.6kN/m³と設定する。

③ 埋立材のクリープ変形/埋立材の材質変化

前項までの埋立実績データや、埋立地盤の圧密沈下等の状況からみて明確なように、埋立材のクリープ変形や埋立材質の変化は、シートの上面で生ずる不可避の現象と考えられる。しかしながら、遮水シートに係る外力という観点では、先に述べたとおり埋立材質の大きな変化はないものと考えられ、埋立材のクリープ変形が遮水シートに直接影響を与えるような、埋立荷重に大きな影響を与えるものではないものと考えられる。

2009/11/20に実施された日本遮水工協会「全国研修会資料集」によると、遮水シート伸縮による留意点として「埋立時のクリープ」が提示され、「遮水シートが下地から浮いている場合には、埋立てにより応力が発生するため、遮水シートは下地に密着していることが大切である。特に二重シートで異種材料を採用する場合には、下層シートの影響が上層シートに影響を及ぼさないように組み合わせを考慮する必要がある。」と示されている。したがって、基盤の平滑な仕上げと遮水シートの下地への密着敷設が肝要と考えられる。施工に当たっては十分留意する。

(4) 埋立地底部における沈下による遮水工への影響

遮水シート下面の基礎地盤は、軟弱地盤などである場合、廃棄物の埋立進行に伴い沈下し、遮水シートも追従沈下する。したがって、あらかじめ基礎地盤の沈下量を予測し、遮水シートの伸び・応力をチェックし、許容沈下量を推定しておくことが重要となる。

本計画は埋立地を掘り込む造成形状のため、切上により大半が強固な岩盤となる。現在の覆土置場としている旧沢地形の一部には軟弱な沖積砂質土層が残存している可能性があるが、この層は造成計画で切土により撤去し、砂質土で盛土する。造成計画範囲全体が砂質地盤であり、圧密沈下の恐れがある粘性土は、底面の遮水層を形成するベントナイト混合土がある。埋立地造成時の盛土層の沈下量とその後の埋立荷重によるこの盛土層の沈下量を含めての全体沈下量を把握し、沈下抑制対策の必要性等を検討する。

① 沈下計算対象断面

埋立地の計画形状は、図3-7 に示すとおりである。図3-8、3-9 のとおり、底面の大半は軟岩層まで切り込む計画としている。

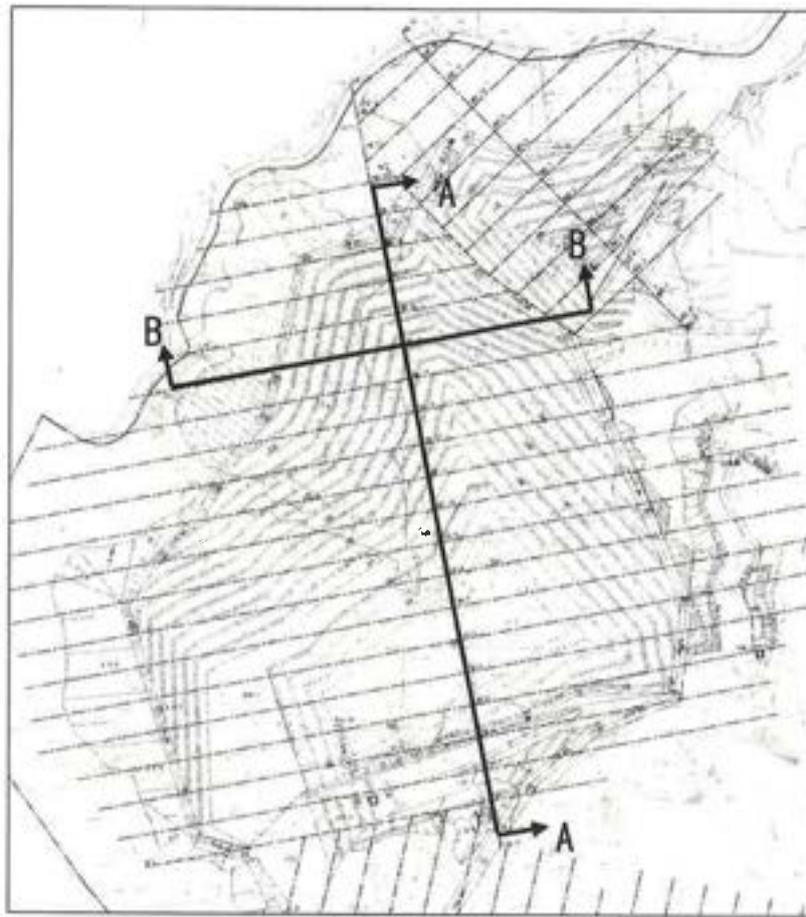


図3-7 計画平面及び断面線位置図

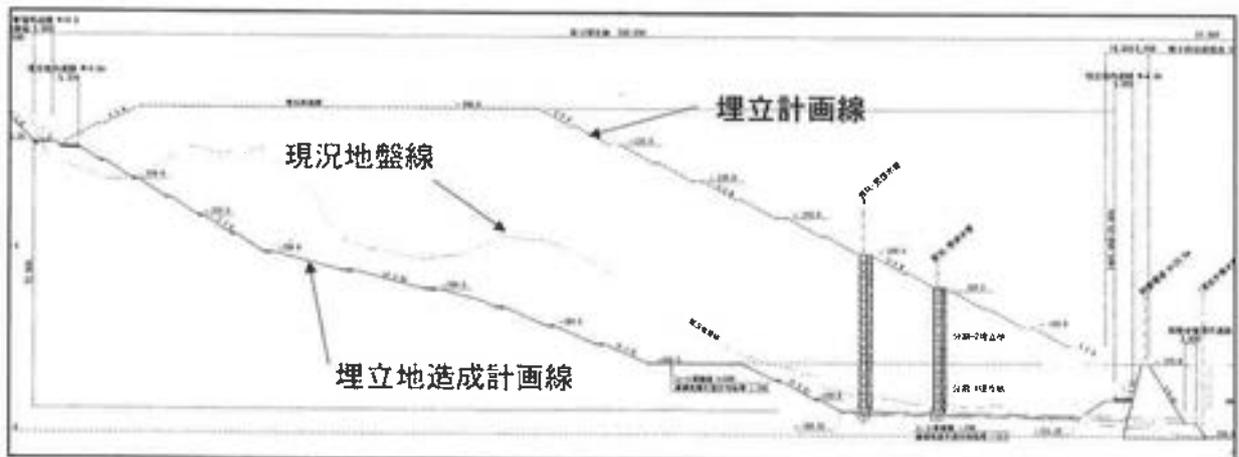


図3-8 縦断面図 (A-A)

埋立地底面において、盛土箇所の盛土高さが最大となる下図の箇所を対象とする。(横断図No. 15；埋立形状は同断面箇所では法面の中途となり最終の完了面より0～17m低くなる。) <B=23m、盛土層H=27～35=平均31m、埋立廃棄物層H=0～17m=平均8.5m>

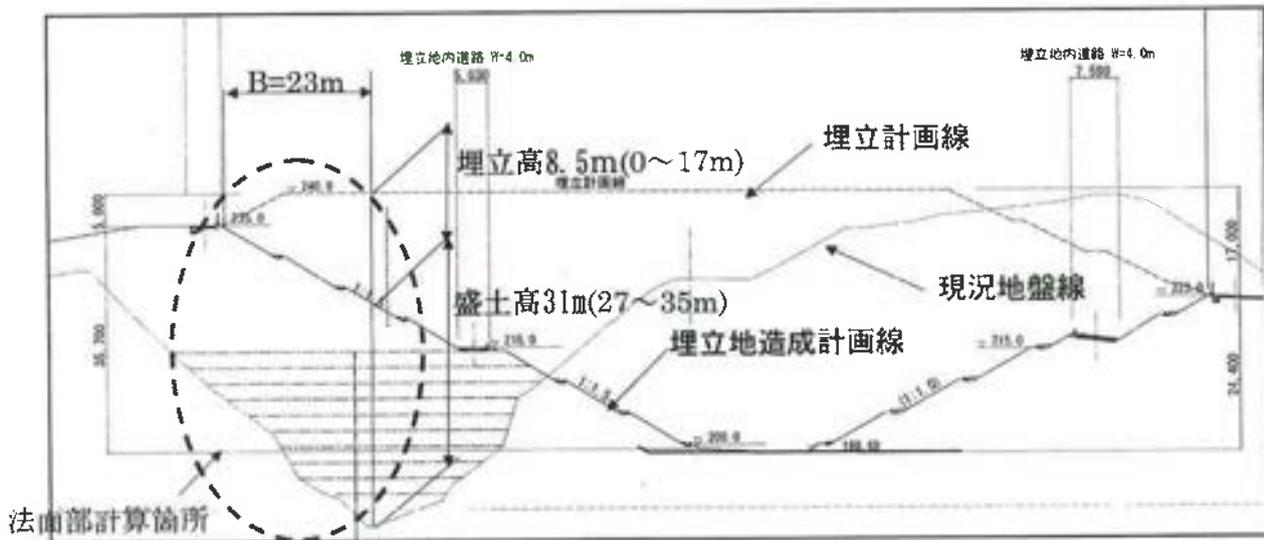


図3-9 沈下計算対象断面 (B-B)

② 沈下計算

a) 沈下量の計算式

沈下量は、道路土工「軟弱地盤対策工指針」に基づき、砂質土層の即時沈下量を、下記式により計算する。

$$S_i = \frac{q_E \times B_m}{E} \times n \quad (\text{m})$$

ここに、 S_i : 即時沈下量 (m)

q_E : 盛土荷重 (17kN/m²)

E : 平均変形係数 (kN/m²)

B_m : 載荷幅 (23m)

n : H/B_m との関係から求まる係数 (次図)

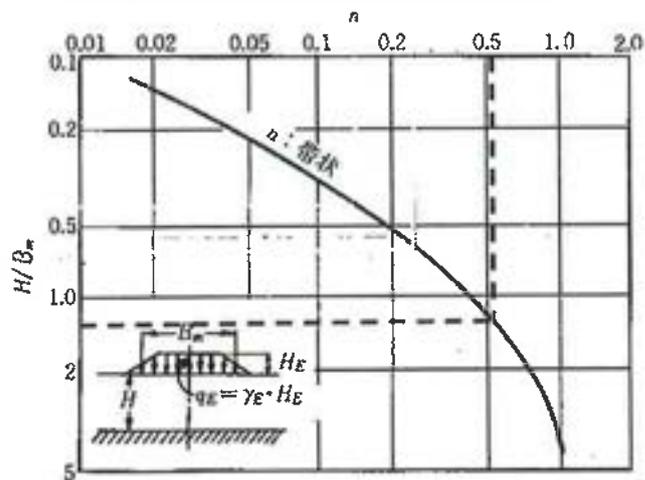


図3-10 H/B_m と係数の n の値

b) 沈下量の計算

上図より、 $H/B_0=31/23=1.35$ より $n=0.50$ 以下となる。
 地盤の変形係数は、試験結果がないのでN値から推定する。

表3-16 E_0 と α

次の試験方法による変形係数 E_0 (kN/m^2 (kgf/cm^2))	α	
	常時	地震時
ボーリング孔内で測定した変形係数	4	8
供試体の一軸または三軸圧縮試験から求めた変形係数	4	8
標準貫入試験のN値より $E_0=2,800\text{N}$ (28N)で求めた変形係数	1	2

地質調査結果より盛土層の平均N値は24(盛土層のN値のデータ71個から、N値50以上(岩盤に相当)のデータ6個とN値4未満(転圧等の締固めを行っていない場所)のデータ1個を棄却した残り64のデータの平均)と設定されている。本事業でも同様の地盤を造成することが可能であるので、この既存盛土のN値を参照して検討する。

$$\alpha E_0=2,800 \times 24=67,200 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

地震時を考えると、 $\alpha=2$ より $E_0=33,600 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

∴ 埋立完了時点の沈下量(この箇所にはその後の埋立層が一度に載ったと仮定)

$$S_1 = \frac{(15.8 \times 31.0 + 13.6 \times 8.5 + 10.0) \times 23}{33,600} \times 0.50 = 0.210 \text{ (m)}$$

c) 圧密沈下量の推定

「廃棄物最終処分場技術システムハンドブック」(1999;最終処分場技術システム研究会)においては、砂質土の圧密沈下量の計算について言及している。

これにならい、本計画における底面の盛土層における圧密沈下量(弾性沈下量)を推定すると次のとおりとなる。なお、底部の盛土層脇は軟岩の基盤であるため、側方拘束状態にあるものと仮定する。

外部荷重の増加 σ_1' により砂質土に内部応力が発生した場合、鉛直歪み増分 $\Delta\varepsilon_1$ と沈下量 S は対象層厚を H とする次式で推定できる。

$$\Delta\varepsilon_1 = \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{E(1-\nu)} \sigma_1'$$

$$S = H \cdot \Delta\varepsilon_1$$

ここで、 ν :ポアソン比

盛土層の弾性係数 $E = 33.6 \text{ MN/m}^2$

ポアソン比 $\nu = 0.33$

増加応力 $\sigma_1' = 125.6 \text{ kN/m}^2 (= 13.6 \text{ kN/m}^2 \times 8.5 \text{ m} + 10.0 \text{ kN/m}^2)$

層厚 $H = 31 \text{ m}$

$$S_3 = 31 \times (1 + 0.33) \times (1 - 2 \times 0.33) \times 125.6 / 33,600 / (1 - 0.33) = 0.078m$$

d) 全沈下量の推定

以上より、遮水シート下部地盤の沈下総量は、約29cmとなる。

$$\Sigma S = 0.210 + 0.078 = 0.288$$

③ 歪みのチェック

上記の沈下量から、盛土基盤箇所で特定の歪みが生じたと考えれば、

$$(23 + 0.288 \times 2) / 23 = 1.025$$

より、約2%の伸びが発生することとなる。

④ シートの強度と許容応力

変形が増大し、大きな引張力が作用する場所を個別のケースで特定するのは困難であるが、後掲の検討「(5) 法面部の遮水シートに加わる応力；参照」ではシート自重、熱応力、埋立時の局所的な引き込み力等に対する遮水シートの引張強さを確認した。

ここでは、沈下に伴う歪み（伸び）によるシートの応力度をチェックする。

t=1.5mmのLLDPEシートとして、歪み2%の場合で考えると、シートの応力度は次のとおりである。なお、近隣の坂畑測候所の観測上、過去最低気温は-9.8℃であるが、埋立地内は一般に40℃から60℃に達するとも言われている。ここでは、安全を見てEは20℃で設定する。係数は性状の類似するTPOシートを代用する。

$$\sigma = E\varepsilon = 117.8 \times 0.01025 = 1.207MN/m^2$$

表3-17 TPOシートの2%伸び時の弾性係数

温度 (°C)	-25	0	20	40	60
弾性係数 (Mpa=MN/m ²)	416.0	203.4	117.8	73.4	41.1

これは15cm幅の試験用部材の熱応力であるため、1cm幅当たりに換算すると

$$\sigma = 1.207 \times 15 \times 10^{-4} = 1.811kN/m^2$$

1m当たりでは

$$\sigma = 1.811 \times 100 \times 10^{-2} = 1.811N/m < 48,000N/m \text{以上}$$

となる。

現処分場の遮水シートは、LLDPEシートであるが、メーカー試験成績表によると、JIS K6251による引張り強さは480N/cmを超えている。1m当たりでは48,000N/m以上となる。

このことから、本計画の遮水シートが持つ引張り強さは、遮水シートに加わる応力の合計の約26倍であることが分かる。

したがって、沈下に伴う歪みには十分安全であると考えられる。本検討は、遮水シート単層にすべての応力がかかる想定で評価しているが、同一の遮水シートがもう一層と保護シートも含めての多層構造を考慮すると、安全性はさらに高まるものと考えられる。

⑤ 許容沈下量の設定

たわみ性のある盛土の場合はかなりの沈下が残留しても安全に与える影響は無いが、盛土内には排水用埋設管などが設置されるので、沈下の程度によっては機能障害などの有害な影響を受ける。

「宅地防災マニュアルの解説」によれば、住宅都市整備公団が行った軟弱地盤上に建設された団地における埋設管などの補修実態調査結果では、造成面の沈下が10～20cm生じた時点で下水管渠の機能障害が発生しはじめたとの記述がある。

「廃棄物最終処分場整備の計画・設計要領」（社団法人：全国都市清掃会議）においても、HDPEシートの応力度は、沈下量が15cm程度で許容応力度に近い値となるので、これが一つの目安となる。EPDMやTPOなど、伸びやすく柔軟性を有する遮水シートの許容沈下量は20cmを超えるとされている。

本事業では、さらに柔軟性を有しつつ、引張強度の大きなLLDPEシートを採用している。「計画・設計要領」では、設計では遮水シート強度の1/2程度を見込むものとしている。仮に、本計算での安全率を2と設定すると、

$$(23 + x \times 2) / 23 = 1 + 48,000 / 2 / 1,811 / 100 \quad \text{より}$$

$$x = 1.524m$$

となる。したがって、本計画において許容沈下量の目安を30cmとする。上記計算値の1/5程度であり、十分に安全な設定と言える。

⑥ 沈下対策

沈下計算の結果では、埋立完了時の最大の沈下量を推定しても30cm以下の沈下で収まるため、十分安全であると推定できる。また、沈下は施工中に収まると考えられる。

(5) 法面部の遮水シートに加わる応力（その他の要因局所的な変形）

前項で示したとおり、最終処分場の法面部の遮水シートにかかる外力は、シート自重、シートの熱応力、埋め立て時の引き込み力が考えられる。

埋立地の造成形状は、5m以下に1段の小段を設け、コンクリートの固定工を設置することにより、遮水シート構造の区切りを付けているため、検討は1段の区間最大高さとなるH=5.0m高さの箇所、法面勾配は法長の大きい1：1.5を対象とする。（遮水シートに加わる応力は、法面勾配1：1.0に比べ法面勾配1：1.5の方が大きいため）

表3-18 遮水シートに加わる応力*の比較 (単位:N/m)

項目	法面勾配	
	1:1.0	1:1.5
①シートの自重	69.7	69.8
②熱応力	4,638.0	4,638.0
③引き込み力	2,532.3	3,630.0
④地盤の沈下による引張力	2,124.0	1,811.0
⑤合計（シートにかかる荷重）	9,364.0	10,148.8

*「廃棄物最終処分場遮水システムハンドブック（最終処分場技術システム研究協会）」に示される計算法

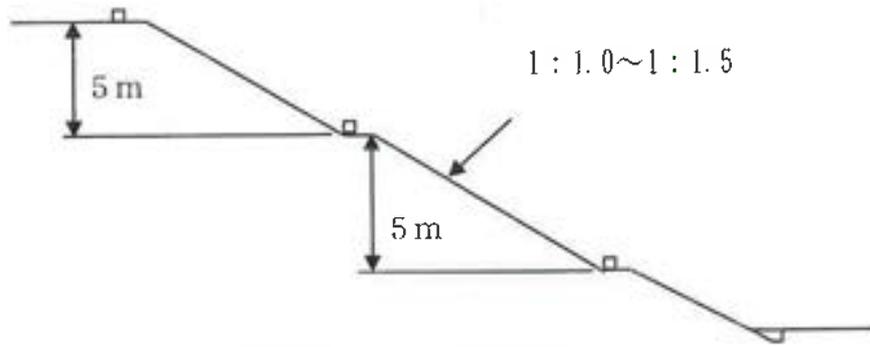


図3-11 法面遮水シート標準断面図

① 遮水シートの自重

法面勾配が1:1.5であることから、

シート 厚さ $t=1.5\text{mm}$ 重さ 1.395kg/m^2

法面長 9.02m

勾配 1:1.5

$H = 5\text{m}$ (区間最大の法面高さ)

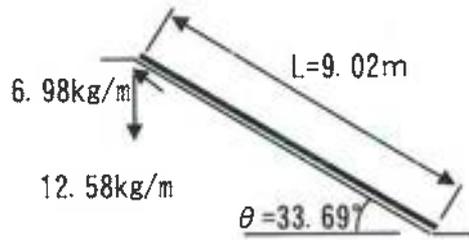
法面傾斜角 $\theta = 33.69^\circ$

鉛直方向の重量

$$\text{シート } 1.395 \times 9.02 = 12.58 \text{ kg/m}$$

勾配1:1.5で下地との摩擦係数を無視すると張力は

$$\begin{aligned} \text{張力 } T &= W(\sin\theta - \mu\cos\theta) = 12.58 \times \sin 33.69^\circ \\ &= 6.98 \text{ kg/m} \\ &= 69.8 \text{ N/m} \end{aligned}$$



② 遮水シートの熱応力

シートの熱膨張係数 : 2.0×10^{-4}

シートの想定表面温度 : 真夏 60°C

: 真冬 0°C^*

※近隣の坂畑測候所の観測上、過去最低気温は -9.8°C であるが、埋立地内は一般に 40°C から 60°C に達するとも言われている。埋立層表面付近も氷点下になることは考えにくいので、 E は 0°C で設定する。

長さ 1.0m の場合のシートの収縮率

$$\begin{aligned} \text{シートの収縮率 (\%)} &= (1.0\text{m} \times 2.0 \times 10^{-4} \times (60 - (-0))) / 1.0\text{m} \times 100 = 1.2\% \\ &\approx 1.0\% \end{aligned}$$

表3-19 TPOシートの1%伸び時の弾性係数

温度 ($^\circ\text{C}$)	-25	0	20	40	60
弾性係数 (Mpa)	536.40	257.7	141.5	85.2	46.4

夏場に施工したものが冬場になり、シートが1%収縮したとすると、シートの発生応力は、

$$257.7 \text{ Mpa} = 2,577.0 \text{ kgf/cm}^2$$

$$(\text{換算式: } 1 \text{ kgf/cm}^2 = 0.1 \text{ Mpa})$$

$$\delta = E \times \varepsilon$$

E : 弾性係数 (kgf/cm²)

δ : 熱応力 (kgf/cm²)

ε : 歪み (%)

$$\delta = 2,577.0 \times 0.012 = 30.92 \text{ kgf/cm}^2$$

これは15cm幅の試験用部材の熱応力であるため、1cm幅あたりに換算すると熱収縮力F (kgf/cm) は、

$$F \text{ (kgf/cm)} = 30.92 \times 0.15 = 4.638$$

1mあたりでは

$$4.638 \times 100 = 463.8 \text{ kg/m} = 4,638.0 \text{ N/m}$$

の力が法肩にかかる。

ただし、遮水シート施工においては、温度差によって膨張収縮をすることを考慮し、余裕代やたるみ等を確保することが多い。実際に発生する熱応力は理論値に比較して小さく、かつ応力緩和があることから理論値の約70%程度と見込まれている。

③ 埋立時の埋立機械によるシートの引き込み力

最終処分場技術システム研究会の平成11年度研究報告書によると、法面勾配1:1.5、高さ5mに遮水シート(幅1m)を敷設し、1日あたり50cmずつ10層に埋め立てた時のシートにかかる引き込み力を測定しているが、夜間の温度低下に伴う収縮応力を補正した場合の引き込み力は以下のとおりとなる。

$$\text{補正後の引き込み力} = 78.40 \text{ N/m} \quad (\text{注: 研究報告書に示された値})$$

本計画の最大高さ52m(Ⅲ-2埋立地 157m~209m)に変えて計算すると、以下のようになる。

$$\text{最大高さ52mの引き込み力} = 78.40 / 5 \times 52 = 815.4 \text{ N/m}$$

また、埋め立てたときの6.7tのブルドーザー走行によりシートに加わる引き込み力を測定した報告では、遮水シートに5cmまで接近したときに引き込み力は耐候性不織布があった場合、

$$\text{接近時の引き込み力} = 999.60 \text{ N/m}$$

さらに大きな施工機械の稼働が考えられるため、安全率を2倍にすると、

$$\begin{aligned} \text{引き込み力} &= (815.4 + 999.60) \times 2 \\ &= 3,630.0 \text{ N/m} \end{aligned}$$

となる

④ 盛土箇所の沈下による引張力

図3-11より、 $H/B_m=31/23=1.35$ より $n=0.5$ 以下となる。

地盤の変形係数は、試験結果がないのでN値から推定する。

地質調査結果より盛土層の平均N値は24（最小4.6、最大47.0）と設定されている。本事業でも同様の地盤を造成することが可能であるので、この既存盛土のN値を参照して検討する。

$$\alpha E_0 = 2,800 \times 24 = 67,200 (\text{kN/m}^2)$$

$$\text{地震時を考えると、} \alpha = 2 \text{より } E_0 = 33,600 (\text{kN/m}^2)$$

したがって、この箇所にその後の埋立層が一度に載ったと仮定すると埋立完了時点の沈下量は、

$$S_1 = \frac{(15.8 \times 31.0 + 13.6 \times 8.5 + 10.0) \times 23}{33,600} \times 0.50 = 0.210 (\text{m})$$

となる。また、底面と同様この層盛土層の弾性変形量を推定すると、

$$\text{盛土層の弾性係数 } E = 33.6 \text{MN/m}^2$$

$$\text{ポアソン比 } \nu = 0.33$$

$$\text{増加応力 } \sigma_1' = 125.6 \text{kN/m}^2 (= 13.6 \text{kN/m}^2 \times 8.5 \text{m} + 10.0 \text{kN/m}^2)$$

$$\text{層厚 } H = 31.0 \text{m}$$

より

$$S_2 = 31.0 \times (1 + 0.33) \times (1 - 2 \times 0.33) \times 125.6 / 33,600 / (1 - 0.33) = 0.078 \text{m}$$

以上より、遮水シート下部地盤の沈下総量は、約29cmとなる。

$$\Sigma S = 0.210 + 0.078 = 0.288$$

上記の沈下量から、盛土基盤箇所で特定の歪みが生じたと考えれば、

$$(23 + 0.288 \times 2) / 23 = 1.025$$

より、約2%の伸びが発生することとなる。

$t=1.5\text{mm}$ のLLDPEシートとして、歪み2%の場合で考えると、シートの応力度は底面での算出値と同様となる。すなわち、

$$\sigma = 1.207 \times 15 \times 10^{-4} = 1.811 \text{kN/m}^2$$

⑤ 遮水シートに加わる応力の合計

勾配1:1.5高さ5mの法面のシートへかかる荷重は以下のようであり、引き込み力が最も大きく、埋立機械の遮水シートへの接近には注意が必要である。

表3-20 遮水シートに加わる応力

項目	荷重 (N/m)	比率
シートの自重	69.8	0.7%
熱応力	4,638.0	45.7%
引き込み力	3,630.0	35.8%
盛土地盤の沈下による引張力	1,811.00	17.8%
合計 (シートにかかる荷重)	10,148.8	100.0%

⑥ 遮水シートの引張り強さ

第Ⅲ埋立地の遮水シートは、LLDPEシートであるが、表3-21メーカー試験成績表によると、JIS K6251による引張り強さは480N/cmを超えている。1m当たりでは48,000N/m以上となる。

このことから、本計画の遮水シートが持つ引張り強さは、遮水シートに加わる応力の合計の4.7倍であることが分かる。

したがって、局部的な引き込み力には十分安全であると考えられる。本検討は、遮水シート単層にすべての応力がかかる想定で評価しているが、同一の遮水シートがもう一層と保護シートも含めての多層構造を考慮すると、安全性はさらに高まるものと考えられる。

⑦ 固定工の必要サイズ（安全率2）

固定工にかかる総応力 $=10,148.8/2=5,074.4\text{N/m}$

固定工をコンクリートとした時

のサイズ $=5.074\text{kN/m}/23\text{kN/m}^2=0.221\text{m}^2$

排水溝を兼用した固定工サイズ $=0.3\text{m}^2>0.221\text{m}^2$ （ $\square 470\times 470\text{mm}$ 以上）

(6) 遮水シートの耐力の推定

シート材料メーカーでは、以下に示すように、碎石上に遮水シート（ミズシート；EPDM）をおき、その上に洗砂を乗せて 15kgf/cm^2 の圧縮応力を掛けるという実験を行っている。この実験において、シートに異常は出なかった。ここで遮水シートにかけた圧力を比重 1.58t/m^3 （本計画の盛上単位体積換算重量）の十砂の厚さにしてみると、その厚さは約95m（ $15\text{kgf/cm}^2=150\text{t/m}^2$ 、 $150\text{t/m}^2/1.58\text{t/m}^3=94.9\text{m}$ ）となる。

本計画で採用予定のLLDPEシートは実験対象となったEPDMシートより、一層柔軟性と引張強度が増したものである。したがって、本計画で70m（Ⅲ-2-2埋立地 170m~240m）の埋立を行っても耐荷重換算埋立高95m以下となることから、遮水シートには何ら影響しないことが予測できる。

さらに、遮水シートの伸張率は約8倍あることから安全性があると言える。

埋立層厚が数10mとなる処分場があるのも、こうした性状が所以と考えられる。

(1) 圧力実験

右図に示すように砕石上に
ミスシートをセットし、圧力
を加えた場合の結果を下図に
示す。

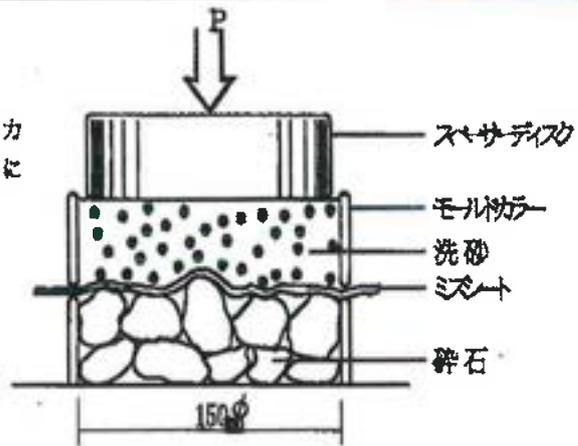


表-14

条 件	結 果
単粒度砕石 3号 (φ40~90mm) ミスシート 1.5mm厚	全圧力 $P = 2.65\text{ton}$ 圧縮応力 $\sigma = 15\text{kgf/cm}^2$ ミスシート異常なし

図3-12 遮水シートの圧力実験

表 3-21 メーカー遮水シート試験成績表

項目		種類	低密度ポリエチレン	
			(LLDPE)	
材質		高温・高圧法で製造される低密度ポリエチレンで、密度が0.91～0.93のものを用いた比較的柔軟な遮水シートである。		
機械的特性		JIS規格 基準値	メーカー現状数値	
	厚さ(mm)	1.5以上 (平均値0～15%) (測定値 10～15%)	1.5	
	比重	-	0.91～0.93	
	引張強さ(N/cm)	140以上 (中弾性タイプ)	480～500	
	伸び(%)	400以上	800	
	引裂強さ(N)	70以上	221～232	
化学的特性	耐酸性		○	
	耐アルカリ性		○	
	耐塩性		○	
	耐油性		○	
	可塑剤の溶出可能性		○(無)	
温度特性	温度変化に対する影響(熱安定性) 引張強さ比80伸び70		合格	
固定能力	摩擦係数	対不織布	0.3	
		対乾燥砂	0.55	
	コンクリートとの密着性		○(ゴムシートとの併用で密着)	
耐久性	耐候性試験(サンシャインカーボンアーケランブ)5000hr 引張強さ比80伸び70		合格	
	屋外暴露データ		117から実績はあるが、(広幅品6m以上)の改良シートは、1115以降に登場した	
施工性	シートの現場搬入状態		長尺ロールの使用(7～8m×140m) (工場接合部なし)	
	シートの敷設		シート掛け台を設けて、引き出し敷設	
	下地に対する追従性		下地に比較的なじみやすい	
	接合方法(シート/シート)		熱板式融着機による熱融着	
	白走式溶着機熱融着温度範囲(℃)		300～550	
	補修の容易性(手動式溶着温度範囲(℃))		250～400	
総合評価	機械的特性		○	
	化学的特性		○	
	温度的特性		○	
	固定能力		○	
	耐久性		○	
	施工性		○	
	評価		①機械的特性(引張強度、引裂強度)に優れる ②広幅・長尺製品で現場施工品質において優れる	

4 道路計画

1) 目的および標準断面

本施設の道路は「管理用道路」「埋立地内道路」「覆土置場通路」の3種類に分けることができ、それぞれの機能は以下である。

a) 管理用道路 (既設)

管理用道路 (既設) は、公共用道路から最終処分場に至るまでのアクセス道路であり、林道大福山線から最終処分場搬入管理施設に進入する道路である。

幅員は6.5mである。



図4-1 搬入道路 (既設) (W=6.5m)

b) 管理用道路 (増設)

管理用道路 (新設) は、最終処分場搬入管理施設から今回増設する第Ⅲ - 1 埋立地および第Ⅲ - 2 埋立地に進入する道路である。

幅員は6.0mで、一部曲線部は7.0mに拡幅する。

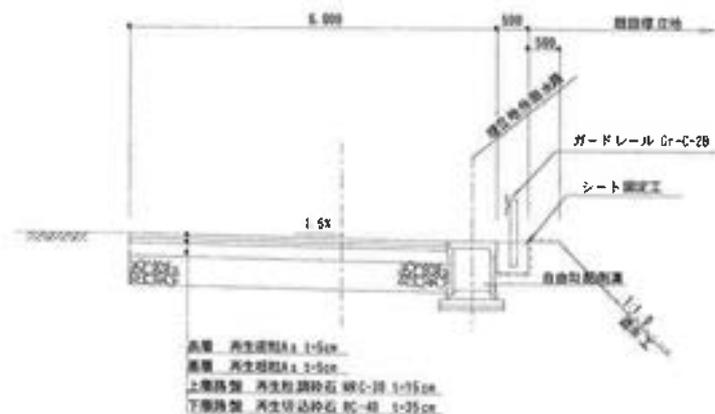


図4-2 管理用道路 (増設) (W=6.0m)

c) 管理用道路

管理用道路は、最終処分場の諸施設の日常管理、保守・点検ならびに防火・安全管理、さらに材料などの搬出入など次のような目的のための道路である。

- ・最終処分場の全域を巡視して点検するために処分場の外周を一巡できる道路
- ・火災の発生が予想される箇所には消火のための道路
- ・衛生害虫獣の駆除や防臭対策における薬剤散布等の作業のための道路

第Ⅲ-2埋立地と覆土置場の間には沢状の水路があり、道路計画高と地盤高の高低差が20m以上あるため、鋼製の仮設橋梁を構築する。

幅員は6.0mと3.5mとする。

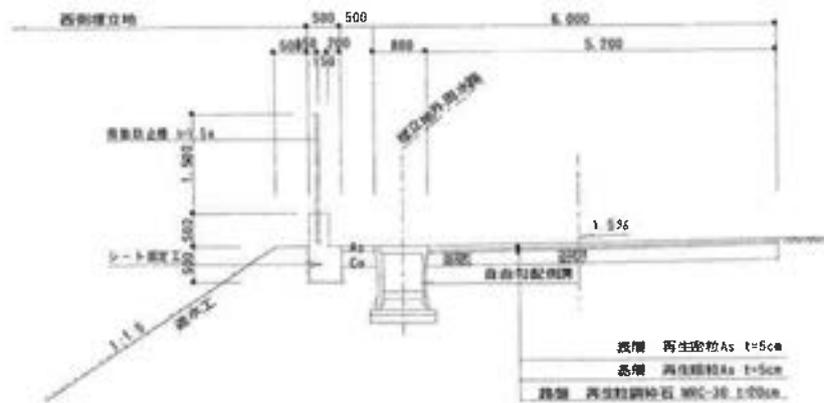


図4-3 管理用道路 (W=6.0m)

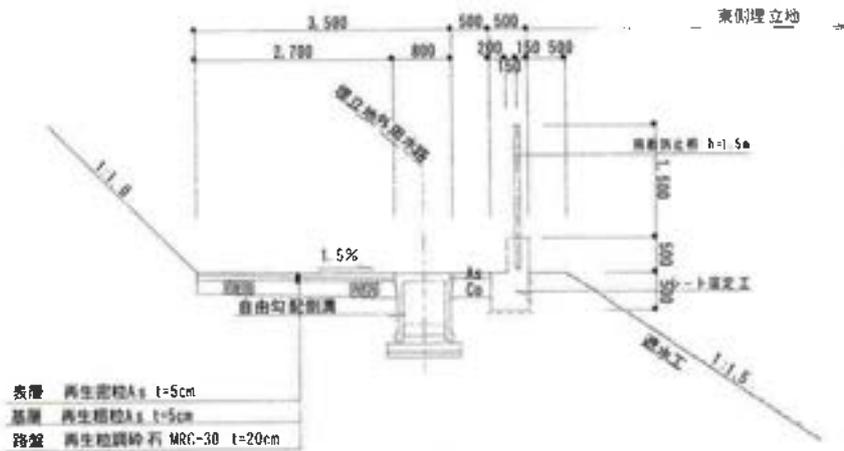


図4-4 管理用道路 (W=3.5m)