

東海低レベル放射性廃棄物埋設事業所

第二種廃棄物埋設事業許可申請

第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び

設備の基準に関する規則第四条

(地震による損傷の防止)

への適合性について

2022年8月

日本原子力発電株式会社

## 目 次

1	はじめに .....	1
2	廃棄物埋設施設の安全機能について .....	6
3	設計対象設備 .....	6
4	第二種埋設許可基準規則への適合のための設計方針 .....	7
5	第二種埋設許可基準規則への適合性説明 .....	7
5. 1	設計の基本方針 .....	7
5. 2	耐震重要度 .....	8
5. 3	その他の事象の評価 .....	11
5. 4	設計 .....	12
6	参考資料 .....	17

添付資料 1 耐震重要度設定のための公衆線量影響評価

添付資料 2 すべり安定解析による廃棄物埋設施設の安定性確認

## 1 はじめに

本資料は、東海低レベル放射性廃棄物埋設事業所 第二種廃棄物埋設事業許可申請における第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（以下「第二種埋設許可基準規則」という。）第四条及び第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈（以下「第二種埋設許可基準解釈」という。）第4条への適合性を示すものである。

第二種埋設許可基準規則第四条及び第二種埋設許可基準解釈第4条の要求事項を第1表に示す。

第 1 表 第二種埋設許可基準規則及び第二種埋設許可基準解釈の要求事項

第二種埋設許可基準規則	第二種埋設許可基準解釈
<p>(地震による損傷の防止)</p> <p>第四条 安全機能を有する施設(中深度処分に係る廃棄物埋設地を除く。次項において同じ。)は、地震力に十分に耐えることができるものでなければならない。</p> <p>2 前項の地震力は、地震の発生によって生ずるおそれがある安全機能を有する施設の安全機能の</p>	<p>第 4 条 (地震による損傷の防止)</p> <p>1 第 1 項及び第 3 項に規定する「地震力に十分に耐える」とは、ある地震力に対して施設全体としておおむね弾性範囲の設計がなされることをいう。この場合、上記の「弾性範囲の設計」とは、施設を弾性体とみなして応力解析を行い、施設各部の応力を許容限界以下にとどめることをいう。また、この場合、上記の「許容限界」とは、必ずしも厳密な弾性限界ではなく、局部的に弾性限界を超える場合を容認しつつも施設全体としておおむね弾性範囲にとどまり得ることをいう。</p> <p>2 第 2 項に規定する「地震の発生によって生ずるおそれがある安全機能を有する施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度」とは、地震により発生するおそれがある安全機能を</p>

第二種埋設許可基準規則	第二種埋設許可基準解釈
<p>喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定しなければならない。</p>	<p>有する施設の安全機能の喪失（地震に伴って発生するおそれがある津波及び周辺斜面の崩壊等による安全機能の喪失を含む。）及びそれに続く放射線による公衆への影響を防止する観点から、各施設の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度（以下「耐震重要度」という。）をいう。安全機能を有する施設は、耐震重要度に応じて、以下に掲げるクラスに分類するものとする。</p> <p>一 Bクラス</p> <p>自ら放射性物質を内蔵している施設若しくは当該施設に直接関係しておりその機能喪失により放射性物質を外部に拡散する可能性のある施設又は地震に伴って発生するおそれがある津波による安全機能の喪失を防止するために必要となる施設であって、その破損により公衆に与える放射線の影響が事業規則第1条の2第2項第9号に規定する「周辺監視区域」外における年間の線量限度に比べ十分小さいものでないものをいう。</p>

第二種埋設許可基準規則	第二種埋設許可基準解釈
	<p data-bbox="898 328 1115 360">二 Cクラス</p> <p data-bbox="936 403 2029 587">安全機能を有する施設のうち、Bクラスに属する施設以外の一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設をいう。</p> <p data-bbox="869 703 2011 887">3 第1項及び第3項に規定する「地震力に十分に耐えること」を満たすために、安全機能を有する施設の耐震設計に当たっては、以下の方針によること。</p> <p data-bbox="898 930 2029 1034">一 静的地震力に対しておおむね弾性状態にとどまる範囲で耐えること。</p> <p data-bbox="898 1077 2029 1337">二 廃棄物埋設地と廃棄物埋設地の附属施設のうち建物・構築物については、常時作用している荷重及び操業中に作用する荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準</p>

第二種埋設許可基準規則	第二種埋設許可基準解釈
	<p>による許容応力度を許容限界とし、当該許容範囲を超えないこと。</p> <p>三 廃棄物埋設地の附属施設のうち機器・配管系については、作業中の荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、応答が全体的におおむね弾性状態にとどまること。</p> <p>4 第2項に規定する「地震力」の算定に当たっては、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」（原規技発第1306193号（平成25年6月19日原子力規制委員会決定））（以下「実用炉設置許可基準解釈」という。）別記2第4条4の方法を準用すること。</p>

## 2 廃棄物埋設施設の安全機能について

第二種埋設許可基準規則第二条第2項第一号によって、「安全機能」とは、廃棄物埋設施設の安全性を確保するために必要な機能であって、その機能の喪失により公衆又は従事者に放射線障害を及ぼすおそれがあるものをいう。」とされている。

廃棄物埋設施設（以下「本施設」という。）の安全機能は、放射性物質の漏出を低減する機能（以下「漏出低減機能」という。）及び遮蔽機能で、これらの安全機能を有する施設は、廃棄物埋設地（漏出低減機能及び遮蔽機能）である。

本施設に必要なとなる安全機能を維持する期間は、第2表に示すとおりである。廃止措置の開始後は、廃棄物埋設地が有する漏出低減機能及び遮蔽機能を期待できるよう設計する。

第2表 廃棄物埋設地における安全機能を維持する期間

安全機能	廃止措置の開始前	
	埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から最終覆土完了まで	最終覆土完了から廃止措置の開始まで
漏出低減機能	○	○
遮蔽機能	○	○

○：安全機能を維持する

## 3 設計対象設備

第二種埋設許可基準規則第四条の設計対象は、廃棄物埋設施設のうち廃棄物埋設地である。また、廃棄物埋設地のうち中間覆土、側部低透水性覆土、最終覆土及び表面遮水については、地震の影響を考慮する。

#### 4 第二種埋設許可基準規則への適合のための設計方針

廃棄物埋設地は、地震の発生によって安全機能が喪失した場合の安全機能の喪失及びそれに続く放射線による公衆への影響を防止する観点から、地震力に十分耐えることができるよう設計を行う。

#### 5 第二種埋設許可基準規則への適合性説明

第二種埋設許可基準規則第四条への適合性について確認した結果を以下にまとめる。

##### 5. 1 設計の基本方針

廃棄物埋設地は、地震の発生によって発生するおそれがある安全機能の喪失及びそれに続く放射線による公衆への影響を防止する観点から、廃棄物埋設地の耐震重要度に応じ、地震力に十分耐えることができるよう設計を行う。

また、廃棄物埋設地は、以下に示す要求事項に適合する地盤に設置する（詳細は「東海低レベル放射性廃棄物埋設事業所 第二種廃棄物埋設事業許可申請 第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則第三条（安全機能を有する施設の地盤）への適合性について」にて示す）。

- ・ 自重及び操業時の荷重等に加え、耐震重要度クラスに応じて算定する地震力が作用した場合においても、十分な支持性能を有する設計であること
- ・ 地震発生に伴う地殻変動によって生じる支持地盤の傾斜及び撓み、並びに廃棄物埋設地の不等沈下、液状化及び揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状により、その安全性が損なわれるおそれがないこと
- ・ 将来活動する可能性のある断層等の露頭がないこと

## 5. 2 耐震重要度

### (1) 耐震重要度の設定の方針

耐震重要度は、「第二種埋設許可基準規則」及び「第二種埋設許可基準解釈」に基づき、安全機能を有する施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて設定する。

ここでは、本施設において、地震により廃棄物埋設地が損傷し、廃棄物埋設地がもつ安全機能である遮蔽機能及び漏出低減機能が喪失する際に想定される事象について、公衆の放射線被ばくの程度を評価する。

### (2) 放射線による公衆への影響の程度

#### a. 外部への放射線の放出

外部への放射線の放出による公衆への影響の評価では、地震により中間覆土が損傷し、遮蔽機能が喪失することによる、外部への放射線の放出を想定する。

この際の放射線による公衆の外部被ばく線量を評価する。

#### (a) 線源の設定

廃棄物埋設地に定置した廃棄物を線源とし、定置された各段の廃棄物の上部に中間覆土が施工された状態を考慮する。線量の計算は廃棄物の表面線量当量率に基づき行い、埋設トレンチの区画の1段目に表面線量当量率が  $300 \mu\text{Sv}/\text{y}$  の廃棄物、2, 3段目に表面線量当量率が  $10 \mu\text{Sv}/\text{y}$  の廃棄物が定置された状態とする。

放射線を放出する放射性物質は、廃棄物に含まれる放射性物質のうちガンマ線エネルギーが高く、初期の放射エネルギーが多い  $\text{Co-60}$  とする。

また、廃棄物埋設地全体での評価は、評価時点を全ての区画におい

て廃棄物の埋設が完了し、最上段中間覆土の施工が完了した時点とし、埋設した廃棄物に含まれる放射性物質の減衰は考慮しない。

(b) 評価条件の設定

公衆の外部被ばく線量は、線源の状態を考慮するとともに、最上段中間覆土がもつ遮蔽機能が喪失した状態を想定し、最上段中間覆土による放射線の低減効果を考慮せずに評価する。また、遮蔽機能をもつ最上段中間覆土は埋設トレンチの1区画ごとに施工するため、地震による損傷は区画ごとに独立して発生するとともに、区画ごとに速やかに修復できると考えられることから、遮蔽機能が喪失する範囲は1区画とし、評価期間を1年間とする。

(c) 線量評価

線量評価は、敷地境界外で最大の被ばくを与える地点を線量の計算地点とし、そこに居住する人を対象に行う。

放射線は、廃棄物から放出されるガンマ線とし、廃棄物埋設地では、直接ガンマ線は周囲の地形により遮蔽されることから、スカイシャインガンマ線について評価する。

スカイシャインガンマ線による線量の計算には一次元輸送計算コード(ANISN)及び一回散乱計算コードG33-GP2R(G33)を組み合わせたものを用いる。

なお、廃棄物の表面線量当量率を求める計算は点減衰核積分コードQAD-CGGP2R(QAD)を用いる。

線量評価の詳細を添付資料1に示す。

b. 外部への放射性物質の漏えい

外部への放射性物質の漏えいによる公衆への影響の評価では、地震により漏出低減機能が喪失することによる、外部への放射性物質の漏えい

量の増加を想定する。

漏出低減機能の喪失は、地震により漏出低減機能をもつ表面遮水又は最終覆土が損傷する場合が考えられる。

公衆への影響は、廃棄物埋設地から漏出した放射性物質が地下水から海に移動し、放射性物質が流入した海産物を公衆が摂取することによる線量影響を評価する。

(a) 被ばく経路

評価対象とする被ばく経路は、地下水中の放射性物質が移動する海  
の海産物の摂取に伴う内部被ばくとする。

この経路は、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間において、廃棄物埋設地を通過する浸透水中の放射性物質が移行する海  
の海産物の摂取に伴う内部被ばくであり、食生活が標準的である人で、海産物を摂取する人を対象とする。

(b) 線量評価モデル

廃棄物埋設地からの放射性物質の移動に関する評価モデルは、廃棄物埋設地から漏出する放射性物質が、廃棄物埋設地直下の地下水により海に流入するものとして設定する。海産物を摂取する場合の内部被ばくの評価は、「第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則第十三条（ピット処分又はトレンチ処分に係る廃棄物埋設地）第1項第三号及び第四号への適合性について」の(1)式から(16)式及び(21)式を用いて評価する。

(c) 評価事象及び評価パラメータ

安全機能の喪失を想定した評価事象及び評価パラメータを添付資料1に示す。

### (3) 耐震重要度

地震の発生によって廃棄物埋設地で発生するおそれがある安全機能の喪失及びそれに続く放射線による公衆への影響の程度を評価した。評価の詳細を添付資料 1 に示す。

公衆の受ける線量は第 3 表に示すとおりであり、「第二種埋設許可基準解釈」において規定されている周辺監視区域外における年間の線量限度に比べ十分に小さいものであることから、耐震重要度分類は C クラスとする。

第 3 表 線量評価結果

想定する事象	線量 ( $\mu\text{Sv}/\text{y}$ )
外部への放射線の放出	$1.8 \times 10^1$
外部への放射性物質の漏えい	$5.3 \times 10^0$

## 5. 3 その他の事象の評価

### (1) 津波の影響について

廃棄物埋設地は、敷地及びその周辺地域における過去の記録、現地調査の結果、行政機関が実施した津波シミュレーションの結果及び最新の科学的・技術的知見を踏まえ、影響が最も大きい津波による遡上波が到達しない十分高い場所に設置するため、津波が到達するおそれはない。詳細は「東海低レベル放射性廃棄物埋設事業所 第二種廃棄物埋設事業許可申請 第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則第五条（津波による損傷の防止）への適合性について」にて示す。

### (2) 周辺斜面の崩壊について

廃棄物埋設地の周辺はなだらかな海岸砂丘が広がっているため、大きな自然斜面はない。よって、周辺斜面の崩壊による廃棄物埋設地の安全機能

への影響はない。

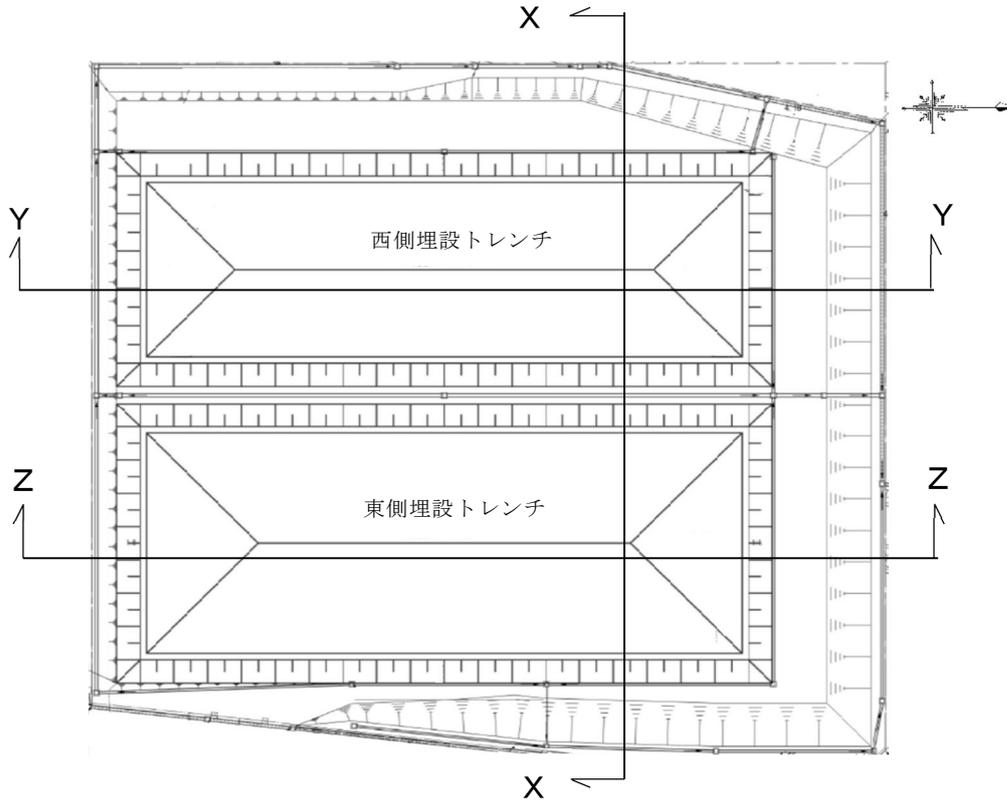
## 5. 4 設計

### (1) 廃棄物埋設地の設計

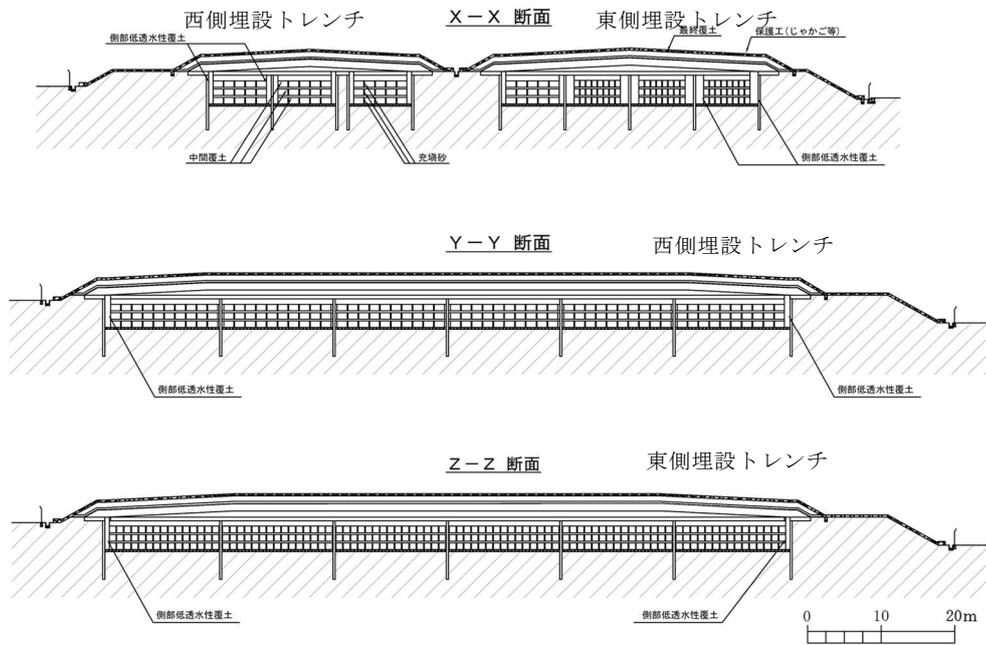
廃棄物埋設地は、地表面を掘削した埋設トレンチに廃棄物を定置し、土砂等による覆土を施した土構造物であることから、弾性範囲で設計される構造部材はなく、変形を許容した土質系材料で構成されるため、耐震設計は不要とする。

ただし、安全機能のうち漏出低減機能をもつ最終覆土は法面をもつ盛土構造であり、地震による損傷として法面のすべりによる安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響が考えられるため、耐震重要度Cクラスに相当する地震力に対する施設全体としてのすべり安定性の確認を行う。

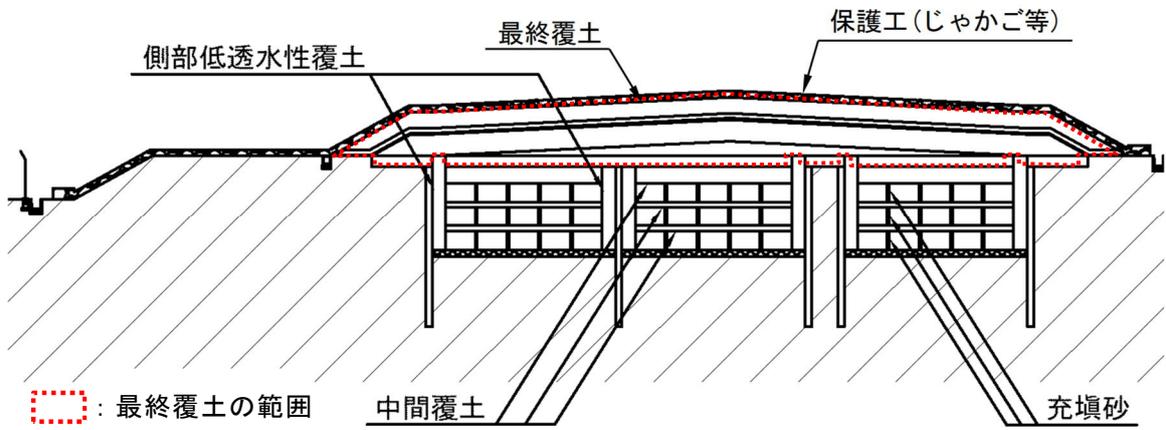
第1図～第5図に最終覆土後における廃棄物埋設施設全体の平面図、断面図及び最終覆土設置までの期間に設置する表面遮水の設置例を示す。



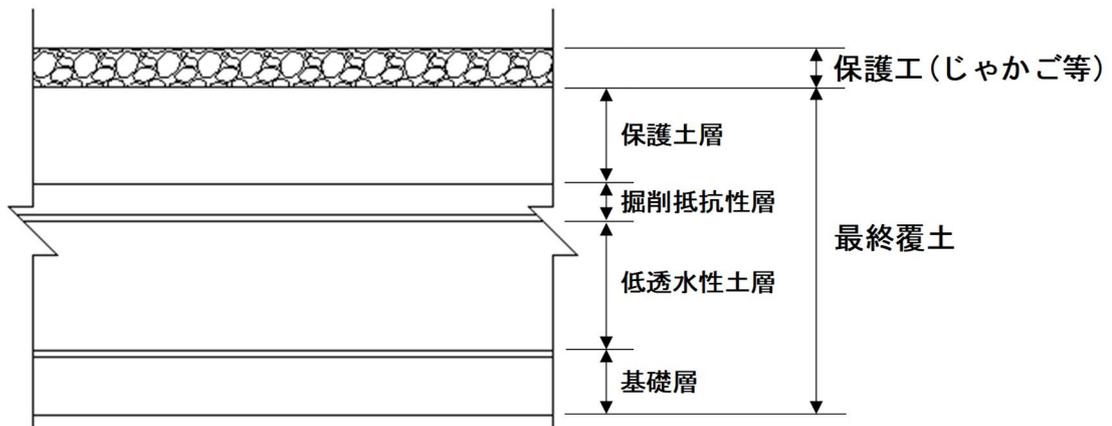
第1図 廃棄物埋設施設の平面図



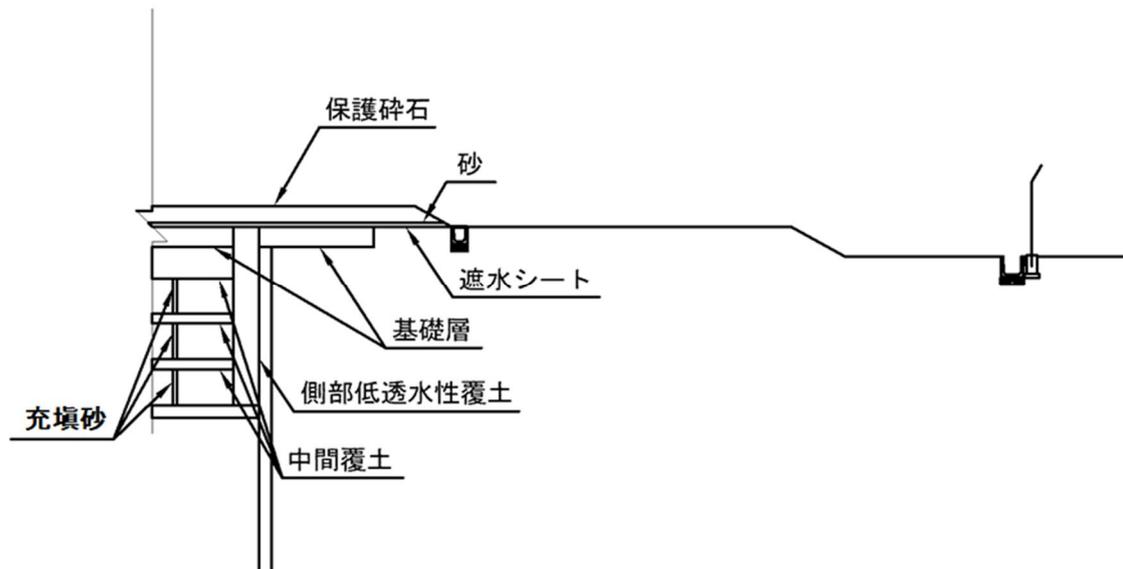
第2図 廃棄物埋設施設の断面図



第3図 覆土の断面図（西側 X-X断面）



第4図 保護工(じゃかご等)・最終覆土断面詳細図



第 5 図 表面遮水の設置例

## (2) すべり安定性の確認

本施設は主として締め固めた砂質土等の土質系材料で構成され、最終覆土及び施設周辺は法面を有する盛土構造となっていることから、耐震重要度Cクラスの施設に対して一般産業における盛土構造物に用いられる指針として「道路土工 盛土工指針（平成22年）」<sup>(1)</sup>に基づきすべり安定性の確認を行う。

すべり安定性の解析は、解析コード「COSTANA 斜面安定計算システム (Ver. 19.2G)」により行い、簡便法と呼ばれる「修正フェレニウス法」を用いる。なお、すべり線は円弧すべり及び複合すべり（直線＋円弧）を適宜用いる。

解析の詳細を添付資料2に示す。

耐震重要度Cクラス相当の地震力に対して計画安全率を1.0と設定し、円弧すべりによる安定性確認を行った結果、各断面及び各すべり面で安全率が最小となったものを第4表に示す。

第4表 円弧すべりによる安定性確認結果

断面	最小安全率
E W断面	1.3
N S断面	1.3

解析結果から、各断面の各斜面を対象としたすべり面に対する最小安全率が計画安全率以上となっていることを確認した。

以上から、廃棄物埋設地は施設全体として、耐震重要度Cクラスに相当する地震力に耐える設計となっている。

## 6 参考資料

- (1) 道路土工 盛土工指針（平成 22 年度版），平成 22 年 4 月，社団法人 日本道路協会

以上

## 耐震重要度設定のための公衆線量影響評価

## 1 評価事象の選定

遮蔽機能の喪失として「スカイシャインガンマ線」からの影響評価，浸透水低減機能の喪失として「海産物の摂取に伴う内部被ばく」による影響評価を選定する。

選定した事象を第 1 表に示す。

第 1 表 選定した評価事象

安全機能	想定する事象	評価内容
遮蔽	地震により最上段の中間覆土がもつ遮蔽機能が喪失する事象	最上段中間覆土の機能喪失を想定したスカイシャインガンマ線
漏出低減 (浸透水低減)	地震により最終覆土又は表面遮水がもつ漏出低減機能が喪失する事象	最終覆土又は表面遮水の機能喪失を想定した海産物の摂取に伴う内部被ばく

## 2 最上段中間覆土の機能喪失を想定したスカイシャインガンマ線評価

## (1) 評価パラメータ及び評価条件

最上段中間覆土がもつ遮蔽機能の喪失を想定した廃棄物埋施設からのスカイシャインガンマ線による周辺公衆影響評価に使用する評価パラメータ，評価条件及び評価モデルは，第二種埋設許可基準規則第八条に基づく平常時のスカイシャインガンマ線による周辺公衆影響評価（詳細は「第二

種埋設許可基準規則第八条「遮蔽等」の適合性審査において示す。)に用いたものと同じのパラメータを用いる。

影響評価に当たっては第二種埋設許可基準規則第八条に基づく平常時のスカイシャインガンマ線による周辺公衆影響評価における、各操業段階の線量評価結果のうち1区画の最上段中間覆土前の線量評価結果を用い、これを遮蔽機能が喪失した状態と想定して影響を評価する。

## (2) 評価結果

最上段中間覆土の遮蔽機能喪失を想定したスカイシャインガンマ線評価結果を第2表に示す(合計値は小数第2位を切上げ)。

第2表 遮蔽機能の喪失を想定したスカイシャインガンマ線評価結果

評価事象	線量 ( $\mu\text{Sv}/\text{y}$ )
①1区画の最上段中間覆土が遮蔽機能を喪失した場合のスカイシャインガンマ線	$8.0 \times 10^0$
②41区画の最上段中間覆土後のスカイシャインガンマ線	$1.0 \times 10^1$
③1区画の最上段中間覆土が遮蔽機能を喪失した場合の廃棄物埋設地全体からのスカイシャインガンマ線の合計値 (③=①+②)	$1.8 \times 10^1$

## 3 最終覆土又は表面遮水の機能喪失を想定した海産物の摂取に伴う内部被ばく評価

### (1) 評価パラメータ及び評価条件

最終覆土又は表面遮水の漏出低減機能喪失を想定した海産物の摂取に伴

う内部被ばく評価に使用する評価パラメータは、第二種埋設許可基準規則第十三条第1項第二号に基づく平常時の海産物の摂取に伴う内部被ばく評価で用いたパラメータを基本とし、評価事象に応じて一部変更した。変更したパラメータを第3表に示す。

評価モデルは、第二種埋設許可基準規則第十三条第1項第二号に基づく平常時の海産物の摂取に伴う内部被ばく評価で用いた評価モデルと同様とする。

廃棄物埋設地が浸透水低減機能を有した状態として、全ての廃棄物の埋設が完了し、最終覆土又は表面遮水の施工が完了した状態を想定する。

第3表 変更したパラメータ

名称	設定値	単位	根拠
年間浸透水量	1.4	m/y	<p>最終覆土による浸透水低減対策が喪失した状態を想定し、水戸地方気象台の降水量の平年値である 1,367.7 mm が全て浸透すると仮定して、有効数字 2 桁となるように四捨五入して設定した。</p> <p><math>1,367.7 \text{ mm/y} \rightarrow 1.3677 \text{ m/y}</math></p> <p><math>\doteq 1.4 \text{ m/y}</math></p>

## (2) 評価結果

最終覆土又は表面遮水の漏出低減機能喪失を想定した海産物の摂取に伴う内部被ばく評価結果を第4表に示す。

第4表 漏出低減機能喪失を想定した海産物の摂取に伴う内部被ばく評価結果

評価事象	線量 ( $\mu\text{Sv}/\text{y}$ )
最終覆土又は表面遮水の漏出低減機能喪失を想定した海産物の摂取に伴う内部被ばく	$5.3 \times 10^0$

以上

## すべり安定解析による廃棄物埋設施設の安定性確認

## 1 使用コード

安定計算は、解析コード「COSTANA 斜面安定計算システム (Ver. 19.2G)」(以下「COSTANA」という。)により行い、簡便法と呼ばれる「修正フェレニウス法」を用いる。なお、すべり線は円弧すべり及び複合すべり(直線+円弧)を適宜用いる。

## 2 解析方法

安定計算は、すべりブロックの主側線上で設定したすべり面を対象として次式に従い、すべり土塊の断面をいくつかのスライスに分割し、各スライスで発揮されるせん断力と抵抗力を求め、それぞれを累計し、その比率によって安全率を求める。

$$F_s = \frac{\Sigma\{c \cdot l + [(W - u \cdot b)\cos\alpha - k_h \cdot W \cdot \sin\alpha]\tan\phi\}}{\Sigma\left(W \cdot \sin\alpha + \frac{h}{r} \cdot k_h \cdot W\right)}$$

$F_s$  : 安全率

$c$  : 粘着力 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )

$\phi$  : せん断抵抗角 (度)

$l$  : 各分割編出来られたすべり面の長さ (m)

$u$  : 間隙水圧 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )

$b$  : 分割片の幅 (m)

$W$  : 分割片の全重量 ( $\text{kN}/\text{m}$ )

$\alpha$  : 分割片で切られたすべり面の midpoint とすべり円の中心を結ぶ直線

と鉛直線のなす角（度）

$k_h$ ：設計水平震度

$h$ ：各分割片の重心とすべり円の中心との鉛直距離（m）

$r$ ：すべり円弧の半径（m）

### 3 地震力の設定

地震力の設定は、第二種埋設許可基準解釈第4条第4項に示される「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」（原規規発第1306193号（平成25年6月19日原子力規制委員会決定）別記2（以下「別記2」という。）第4条第4項の「静的地震力（建物・構築物）」の算定方法を準用する。

廃棄物埋設地は、耐震重要度分類がCクラスであり、別記2に基づき、一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設の地震力に対して耐えるように設計する。

別記2では、第4条第4項において、水平地震力（以下「静的地震力」という。）は、地震層せん断力係数  $C_i$  に耐震重要度分類Cクラスに応じた係数である1.0を乗じ、更に当該層以上の重量を乗じて算定するとされている。地震層せん断力係数  $C_i$  は、標準せん断力係数  $C_0$  を0.2以上とし、建物・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮して求められる値とされている。標準せん断力係数  $C_0$  については、「個別の建物・構築物、機器・配管系の設計において、それぞれの重要度を適切に評価し、それぞれに対し適切な値を用いることにより、耐震性の高い施設の建設などを促すことを目的としている。耐震性向上の観点からどの施設に対してどの程度の割増し係数を用いれば良いかについては、設計又は建設に関わる者が一般産業施設及び公共施設等の耐震基準との関係を考慮して設定すること」とされている。

以下、一般産業施設及び公共施設等の耐震基準として、「盛土工指針」<sup>(1)</sup>を参照して検討を行う。

「盛土工指針」<sup>(1)</sup>から、震度法による耐震性能の照査に用いる設計水平震度は以下の式で表される。

$$k_h = c_z \cdot k_{h0}$$

ここで、

$k_h$ ：設計水平震度

$c_z$ ：地域別補正係数

$k_{h0}$ ：設計水平震度の標準値

$c_z$ については、「道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説」<sup>(2)</sup>にて、都道府県ごとのレベル1地震動に対する地域別補正係数が示されており、廃棄物埋設地の立地する東海村を含む茨城県は1.0である。

$k_{h0}$ については、「盛土工指針」<sup>(1)</sup>にて、地震動のレベルと地盤種別により標準値が示されている。廃棄物埋設地の設置地盤における地盤種別の判定を参考資料1に示す。

参考資料1から、廃棄物埋設地の地盤はⅢ種地盤に分類されることから、「盛土工指針」<sup>(1)</sup>によるレベル1地震動に対する $k_{h0}$ の標準値は0.12であるが、保守的に0.2を使用する。

よって、設計水平震度は $k_h = 1.0 \times 0.2 = 0.2$ と算定される。

以上のことから、静的地震力は、別記2に基づき算定される地震層せん断力係数 $C_i$ が0.2以上であること、「盛土工指針」<sup>(1)</sup>に基づき算定される設計水平震度 $k_h$ が0.2であることを考慮して0.2と設定する。

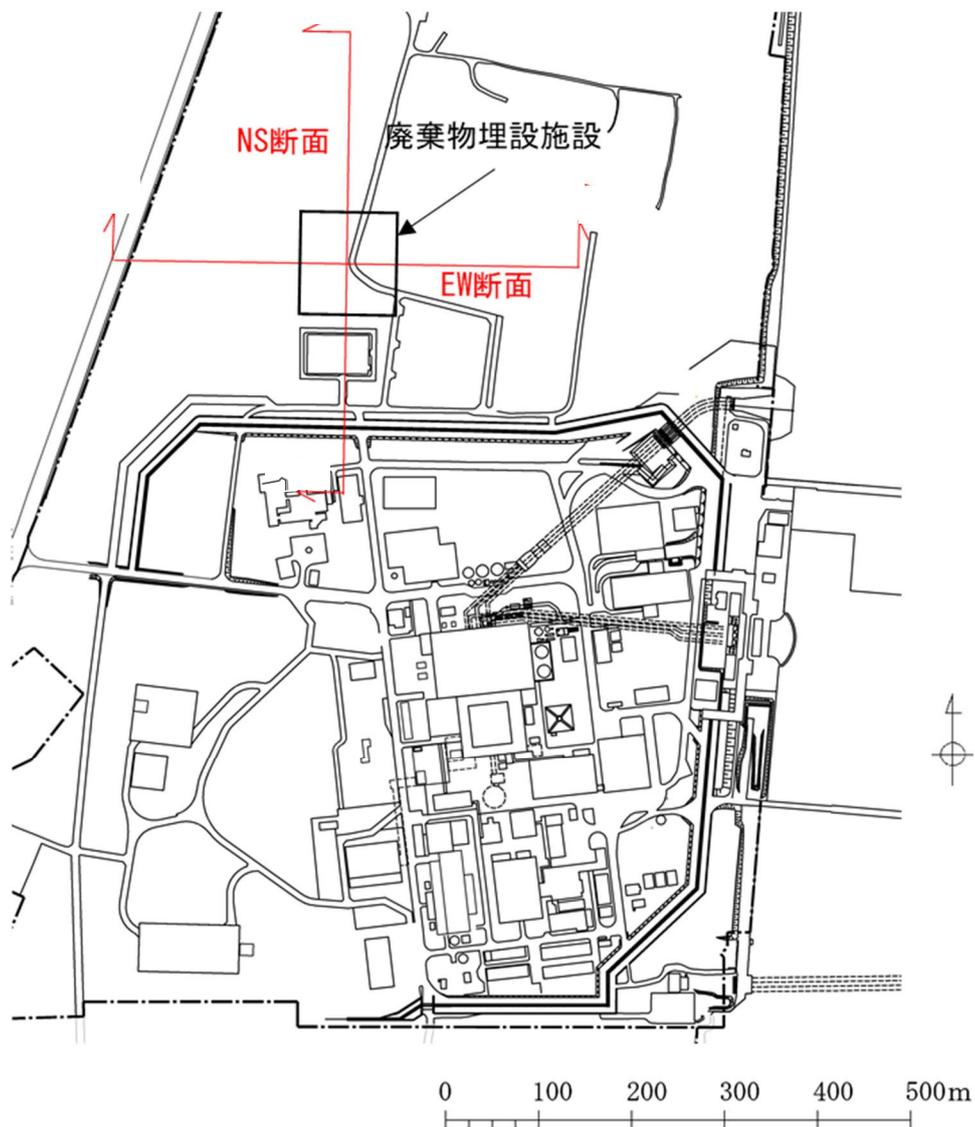
#### 4 計画安全率

地震による安定性を確認する計画安全率は「盛土工指針」<sup>(1)</sup>を参考に1.0

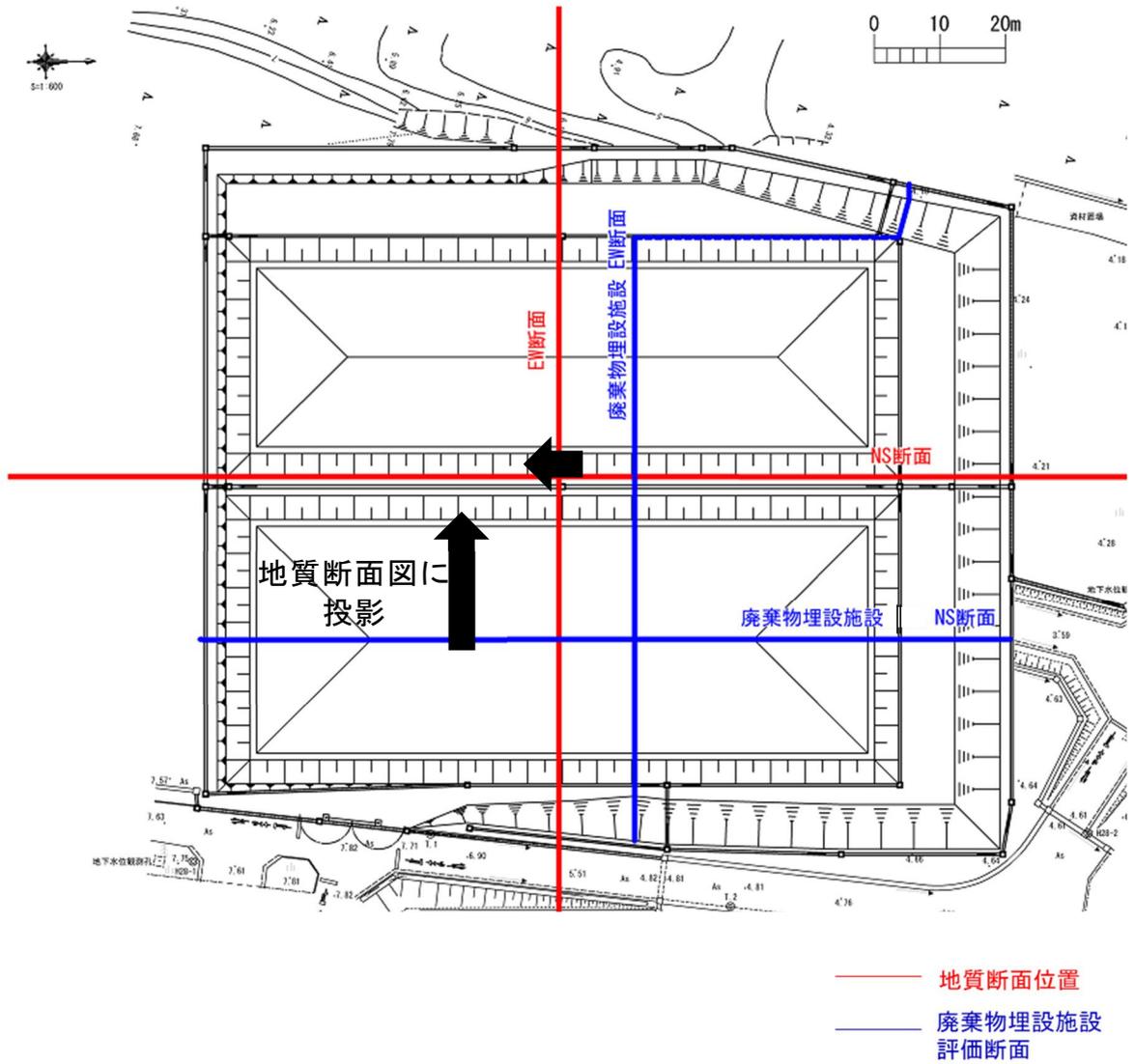
以上とする。

## 5 検討断面

解析はNS断面及びEW断面を対象とし、最終覆土完了後の状態を想定する。廃棄物埋設施設の位置図及び地質断面の位置図を第2-1図及び第2-2図に示す。



第2-1図 廃棄物埋設施設位置図及び地質断面位置図



第 2-2 図 廃棄物埋設施設位置図及び地質断面位置図  
 (廃棄物埋設施設拡大)

## 6 解析条件

既往の地質調査及び類似事例調査等の分析に基づき、地盤物性値、地下水位及び解析で考慮する荷重を設定する。

なお、「原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4601-2015）」及び「原子力発電所の基礎地盤及び周辺地盤の安定性評価基準〈技術資料〉（土木学会，2009）」を参考に、強度特性以外の解析用物性値は、各種地盤調査及び試験結果における平均値を代表値として設定するとともに、すべり安全率に対する影響として支配的である強度特性については、平均値 $-1\sigma$ 強度を設定する。

### 6. 1 解析用物性値

物性値の設定値及び設定根拠を第 2-1 表及び第 2-2 表に示す。

第 2-1 表 物性値の設定値一覧

部位	地質 記号	物性値 (単位) 材料	物理特性		強度特性	
			湿潤単位 体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	飽和単位 体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	粘着力 (kN/m <sup>2</sup> )	内部摩擦角 (度)
覆土	—	保護土層	17.55	—	0.00	33.20
	—	掘削抵抗性層	18.00	—	20.00	35.00
	—	低透水性土層/ 側部低透水性覆土	20.69	—	10.00	33.00
	—	基礎層	20.30	—	16.00	39.60
	—	中間覆土	17.65	—	22.00	39.00
地盤改良部	—	セメント改良土	17.75	—	500.00	0.00
	—	改良地盤	20.69	—	500.00	0.00
廃棄物層	—	金属廃棄物 (鉄箱)	28.83	—	22.00	39.00
原地盤	F L 1	F L 層 (本施設敷地境界内)	17.55	—	0.00	33.20
	F L 2	F L 層 (本施設敷地境界外) <sup>*1</sup>	17.85	—	0.00	35.70
	d u	d u 層 (不飽和)	17.46	—	0.00	37.50
	d u	d u 層 (飽和)	—	19.52	564.00	0.00
	A g 2	A g 2 層	—	19.81	645.00	0.00
	A c	A c 層	—	16.08	105.00	0.00
	A s	A s 層	—	18.34	485.00	0.00

重力加速度  $g : 9.80665 \text{ (m/s}^2\text{)}$

※ 1 : N S 断面のみに使用

第 2-2 表 物性値の設定根拠 (1/2)

部位	地質 記号	物性値		物理特性	強度特性
		材料		湿潤単位体積重量, 飽和単位体積重量	粘着力, 内部摩擦角
覆土	—	保護土層		現場密度試験	三軸圧縮試験 (CD, 平均 $-1\sigma$ )
	—	掘削抵抗性層		文献 <sup>(3)</sup> の裏込石(気中)の単位体積重量	文献 <sup>(3)</sup> の捨石の物性値
	—	低透水性土層/ 側部低透水性覆土		室内物理試験	三軸圧縮試験 (CUBar, 平均 $-1\sigma$ )
	—	基礎層		室内物理試験	三軸圧縮試験 (CD, 平均 $-1\sigma$ )
	—	中間覆土		室内物理試験	三軸圧縮試験 (CD, 平均 $-1\sigma$ )
地盤改良部	—	セメント改良土		室内物理試験	粘着力 $c = q_u / 2$ ( $q_u$ : 設計一軸圧縮強度 1,000 kN/m <sup>2</sup> )
	—	改良地盤		室内物理試験	粘着力 $c = q_u / 2$ ( $q_u$ : 設計一軸圧縮強度 1,000 kN/m <sup>2</sup> )
廃棄物層	—	金属廃棄物(鉄箱)		廃棄物及び中間覆土それぞれの重量並びに体積から算定	中間覆土と同値

第 2-2 表 物性値の設定根拠 (2/2)

部位	地質 記号	物性値	物理特性	強度特性
		材料	湿潤単位体積重量, 飽和単位体積重量	粘着力, 内部摩擦角
原地盤	FL1	FL層 (本施設敷地 境界内)	現場密度試験	三軸圧縮試験 (CD, 平均 $-1\sigma$ )
	FL2	FL層 (本施設敷地 境界外)	室内物理試験	三軸圧縮試験 (CD, 平均 $-1\sigma$ )
	du	du層 (不飽和)	室内物理試験	三軸圧縮試験 (CD, 平均 $-1\sigma$ )
	du	du層 (飽和)	室内物理試験	三軸圧縮試験 (CU, 平均 $-1\sigma$ ) ※最浅部の有効上載圧に対する粘 着力 (非排水せん断強度) を設定
	Ag2	Ag2層	室内物理試験	三軸圧縮試験 (CU, 平均 $-1\sigma$ ) ※最浅部の有効上載圧に対する粘 着力 (非排水せん断強度) を設定
	Ac	Ac層	室内物理試験	三軸圧縮試験 (CU, 平均 $-1\sigma$ ) ※最浅部の有効上載圧に対する粘 着力 (非排水せん断強度) を設定
	As	As層	室内物理試験	三軸圧縮試験 (CU, 平均 $-1\sigma$ ) ※最浅部の有効上載圧に対する粘 着力 (非排水せん断強度) を設定

## 6. 2 地下水位

地下水位の設定は、本施設直下の地下水位調査結果から、T.P. 約+1.4 m～約+2.6 m で変動していることから、中間値の T.P. 約+2.0 m を設定する。

## 6. 3 荷重及び荷重の組み合わせ

### (1) 荷重

解析において考慮する荷重を第 2-3 表に示す。

第 2-3 表 荷重の設定値

荷重の種類	設定値	設定根拠
固定荷重	・各土塊の自重はプログラムの内部計算にて算出 ・被覆工荷重は 6.0 kN/m <sup>2</sup> を載荷する	固定荷重は、土塊の自重と、保護工（じゃかご等）の重量による被覆工荷重を考慮する。 土塊の自重は各土質材料の単位体積重量に面積を乗じて算出される。 被覆工荷重は、かごマット（厚さ 30cm）の重量を、被覆範囲に対して考慮する。単位体積重量は、「盛土工指針」 <sup>(1)</sup> より、砂礫の単位体積重量として、20 kN/m <sup>3</sup> とする。よって、保護工荷重として 6.0 kN/m <sup>2</sup> を考慮する。
上載荷重	10 kN/m <sup>2</sup>	上載荷重は、自動車等の車両や施工機械による車両荷重として、「盛土工指針」 <sup>(1)</sup> より 10 kN/m <sup>2</sup> を考慮する。
積雪荷重	0.21 kN/m <sup>2</sup>	積雪荷重は、「建築基準法施行令第 86 条」及び「茨城県建築基準法等施工細則第 16 条の 4」に従って設定する。積雪の厚さ 1 cm 当たりの荷重を 20 N/m <sup>2</sup> /cm として、積雪量は 30cm としていることから、積雪荷重は 600 N/m <sup>2</sup> であるが、地震時短

荷重の種類	設定値	設定根拠
		<p>期荷重として積雪荷重の 0.35 倍である 0.21 kN/m<sup>2</sup>を考慮する。</p>
風荷重	1.7 kN/m <sup>2</sup>	<p>風荷重は、「平成 12 年 5 月 31 日建設省告示第 1454 号」に定められた東海村の設計基準風速 30 m/s の風荷重を考慮する。</p> <p>また、算定式、抗力係数及びガスト応答係数は「道路橋示方書（I 共通編）・同解説」<sup>(4)</sup>に示す以下の式及び標準的な値を使用し、風荷重を算出する。</p> $p = (\rho \times V^2 \times C_d \times G) / 2$ <p>ここで、</p> <p><math>p</math>：単位面積あたりに作用する風荷重 (kN/m<sup>2</sup>)</p> <p><math>\rho</math>：空気密度 1.23×10<sup>-3</sup> (t/m<sup>3</sup>)</p> <p><math>V</math>：設計基準風速 30 (m/s)</p> <p><math>C_d</math>：抗力係数 1.6</p> <p><math>G</math>：ガスト応答係数 1.9</p> <p>なお、風荷重の載荷方向は、土塊の滑動方向に合わせて載荷させる。</p>
地震荷重	$k_h=0.2$	<p>地震荷重は、「2 解析方法」に示す算定式に従い、水平地震力の静的震度に土塊の重量を乗じて算出する。静的震度は、耐震重要度 C クラスの構造物であることから、本文から以下とおり設定する。</p> <p>水平地震力の静的震度：<math>k_h=0.2</math></p> <p>なお、荷重の作用方向は、すべり面の方向に対して保守的になる向きに作用させる。</p>

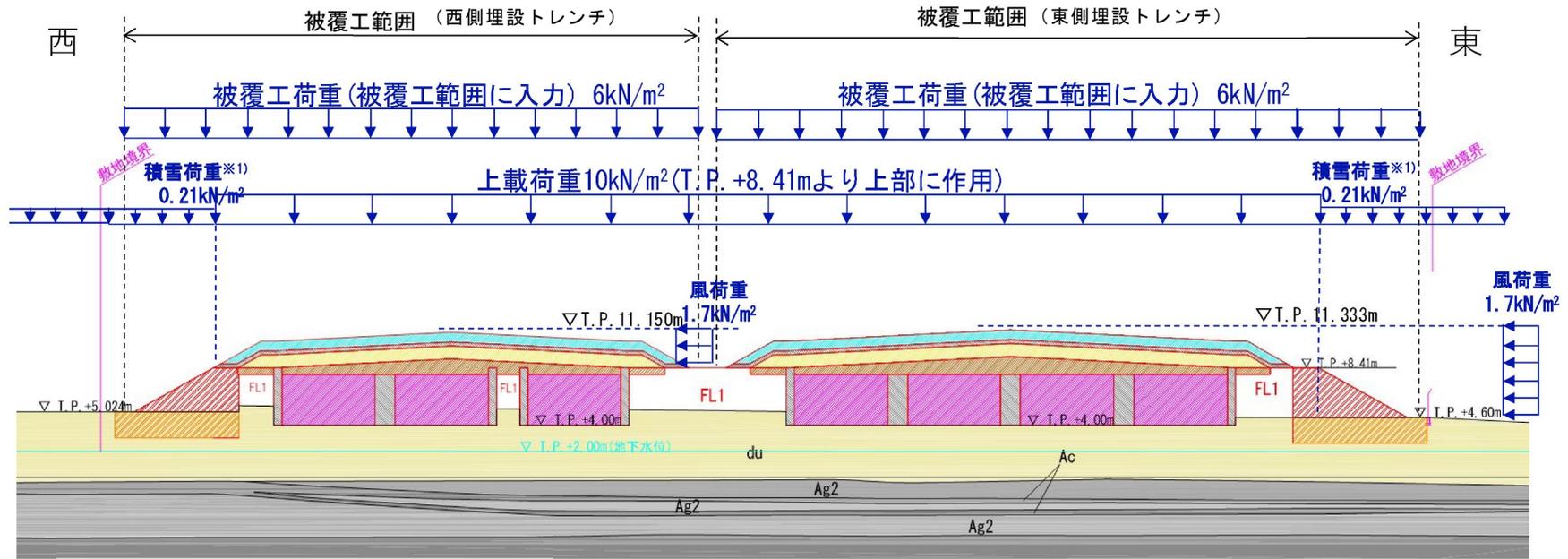
(2) 荷重の組合せ及び解析モデル

荷重の組合せを第2-4表に、荷重概要図を第2-3図から第2-6図に示す。

第2-4表 荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
地震時	固定荷重
	上載荷重
	積雪荷重
	風荷重
	地震荷重

荷重概要図 EW断面 風荷重向きW←E



※1) 積雪荷重は、敷地境界外の地表面にも載荷させる

地震荷重 $K_h=0.2$



廃棄物施設設凡例

- 保護土層
- 掘削抵抗性層
- 低透水性土層
- 基礎層
- 側部低透水性覆土
- 破棄物層
- 中間覆土

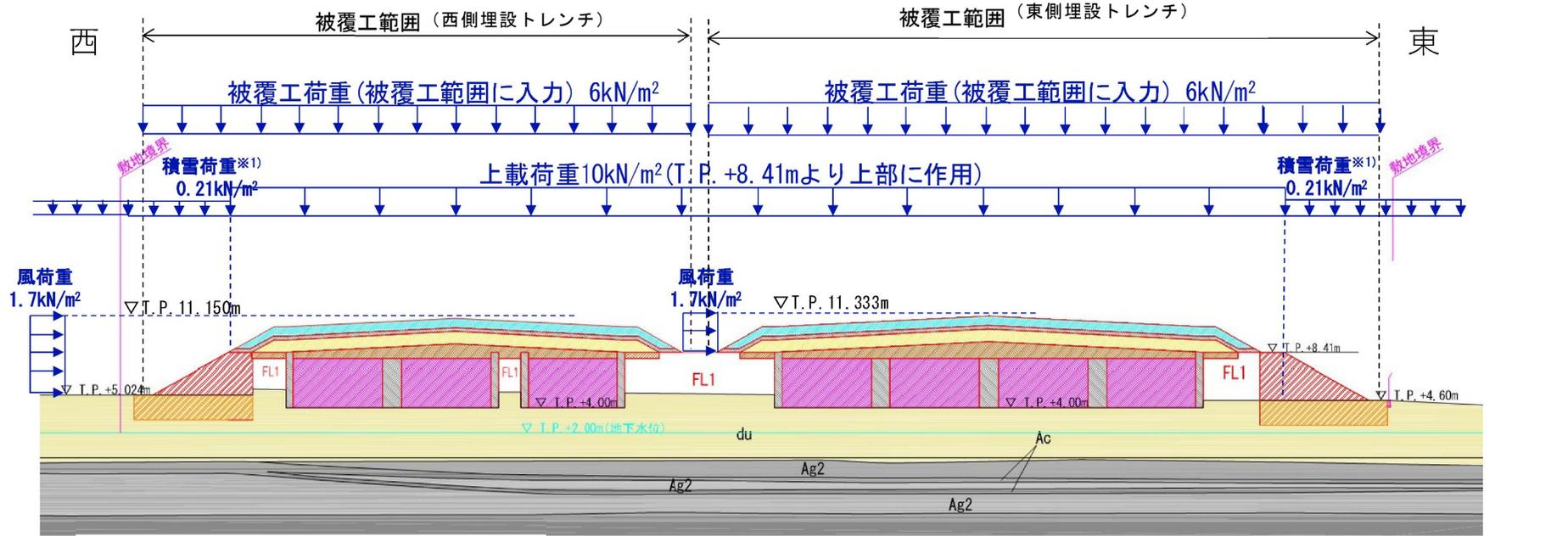
地質凡例

- セメント改良土
- 改良地盤
- FL1 盛土 (廃棄物施設敷地境界内)
- FL2 盛土 (廃棄物施設敷地境界外)
- du 砂丘砂層
- Ag2 礫混じり砂層
- Ac 粘土層
- As 砂層

— 地下水位

第2-3図 荷重概要図 (EW断面・風荷重向きE→W)

荷重概要図 EW断面 風荷重向きW→E



※1) 積雪荷重は、敷地境界外の地表面にも載荷させる

地震荷重 $K_h=0.2$



廃棄物埋設施設凡例

- 保護土層
- 掘削抵抗性層
- 低透水性土層
- 基礎層
- 側部低透水性覆土
- 破棄物層
- 中間覆土

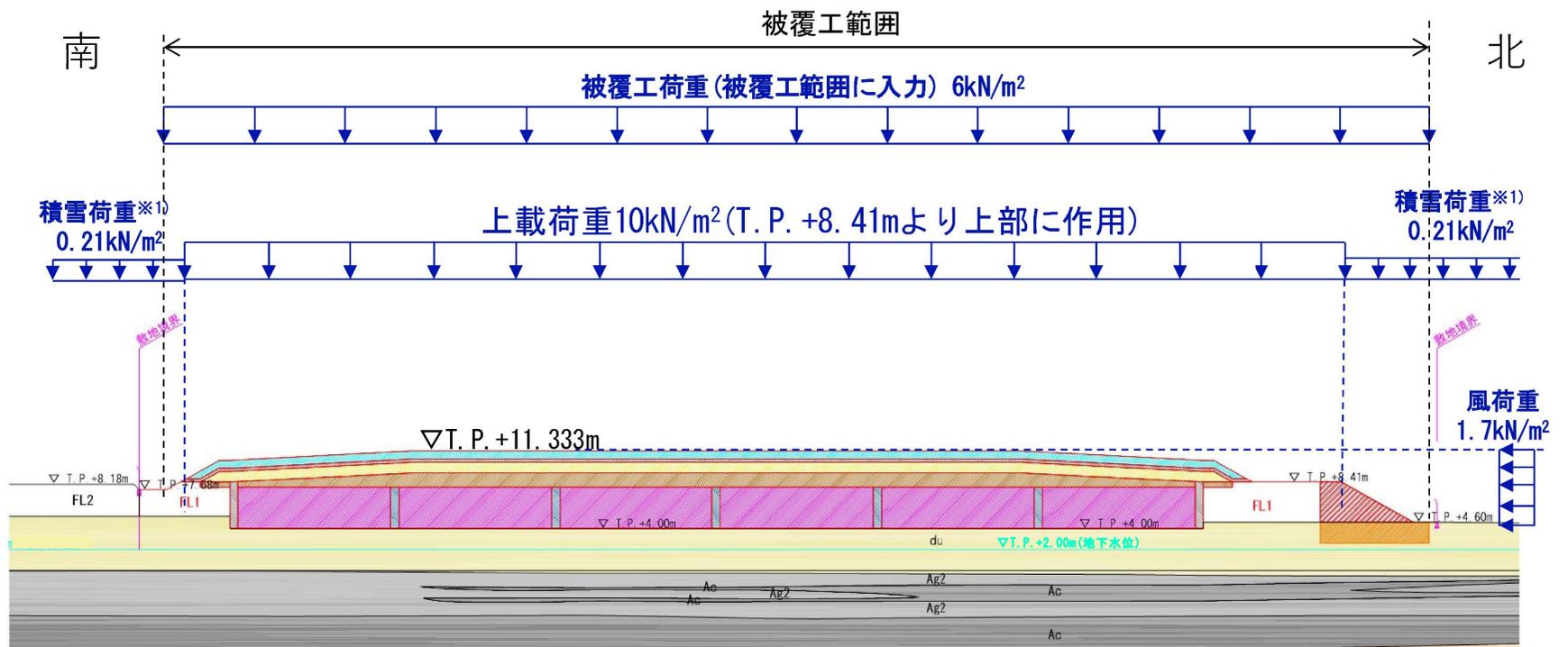
地質凡例

- セメント改良土
- 改良地盤
- FL1 盛土 (廃棄物埋設施設敷地境界内)
- FL2 盛土 (廃棄物埋設施設敷地境界外)
- du 砂丘砂層
- Ag2 礫混じり砂層
- Ac 粘土層
- As 砂層

地下水位

第2-4図 荷重概要図 (EW断面・風荷重向きW→E)

荷重概要図 NS断面 風荷重向きS←N



※1) 積雪荷重は、敷地境界外の地表面にも載荷させる

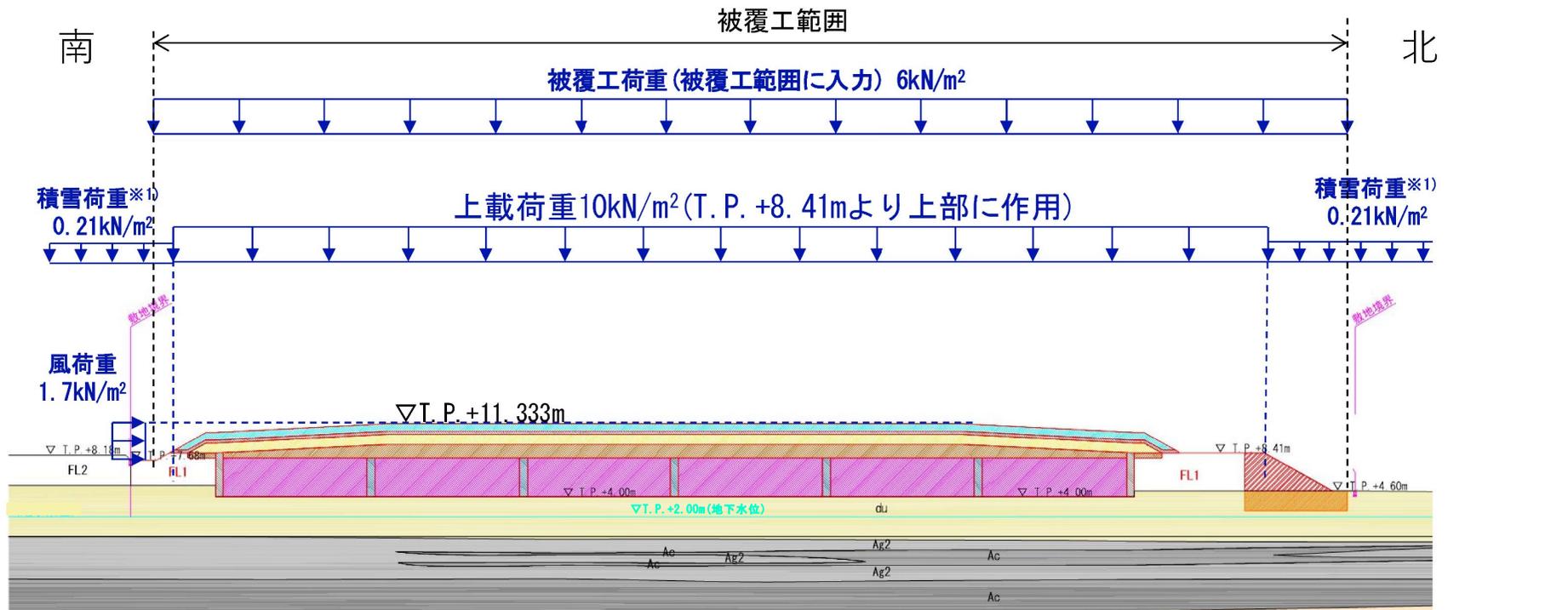
地震荷重 $K_h=0.2$



第 2-5 図 荷重概要図 (NS断面・風荷重向きN→S)

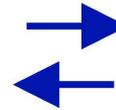
荷重概要図 NS断面 風荷重向きS→N

添2-16



※1) 積雪荷重は、敷地境界外の地表面にも載荷させる

地震荷重  $K_h=0.2$



廃棄物埋設施設凡例		地質凡例	
	保護土層		セメント改良土
	掘削抵抗性層		改良地盤
	低透水性土層		FL1 盛土 (廃棄物埋設施設敷地境界内)
	基礎層		FL2 盛土 (廃棄物埋設施設敷地境界外)
	側部低透水性覆土		du 砂丘砂層
	破棄物層		Ag2 礫混じり砂層
	中間覆土		Ac 粘土層
			As 砂層

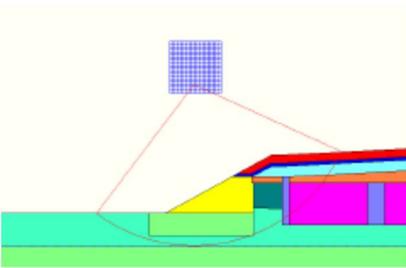
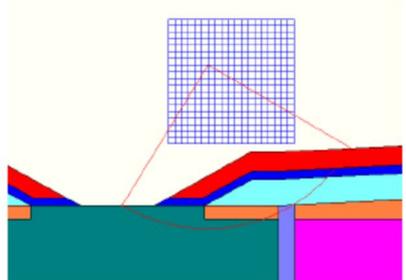
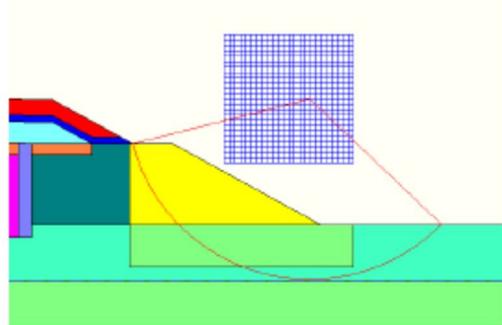
— 地下水位

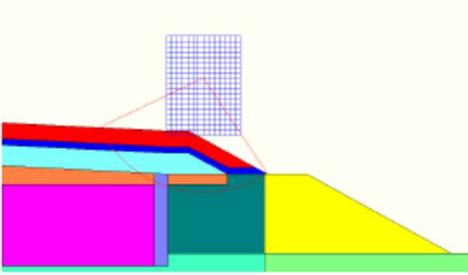
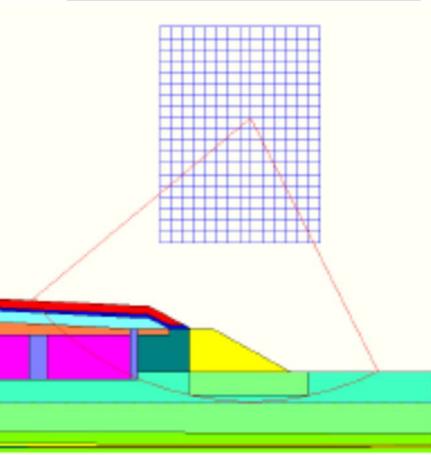
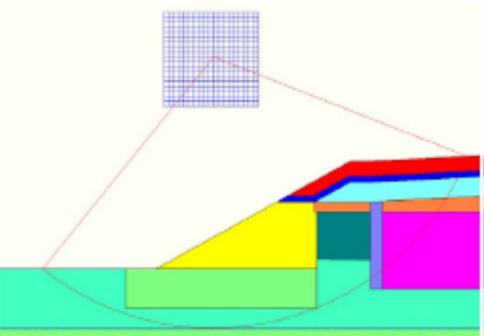
第2-6図 荷重概要図 (NS断面・風荷重向きS→N)

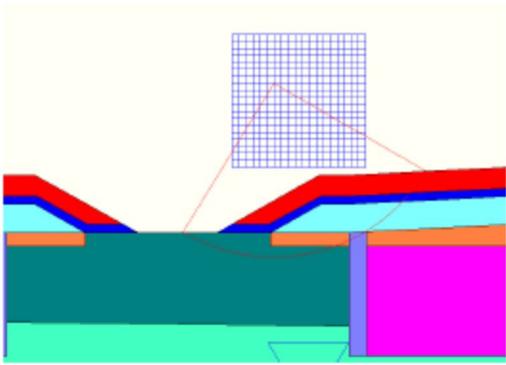
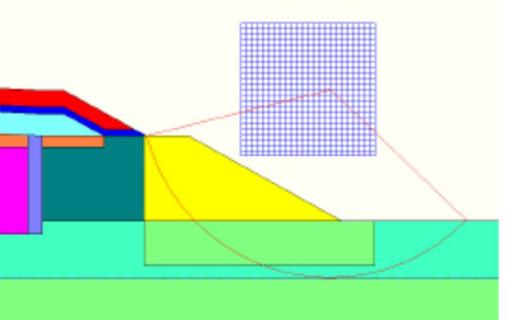
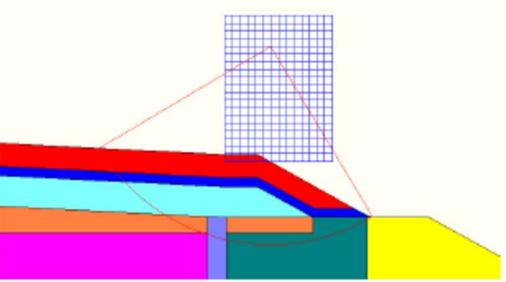
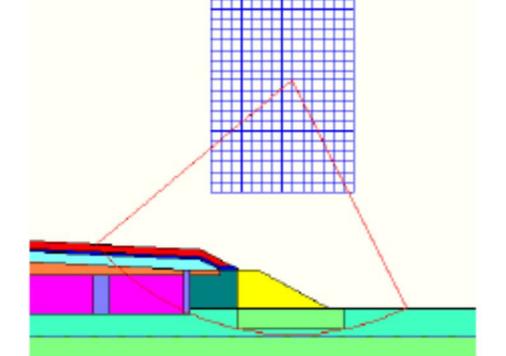
## 7 解析結果

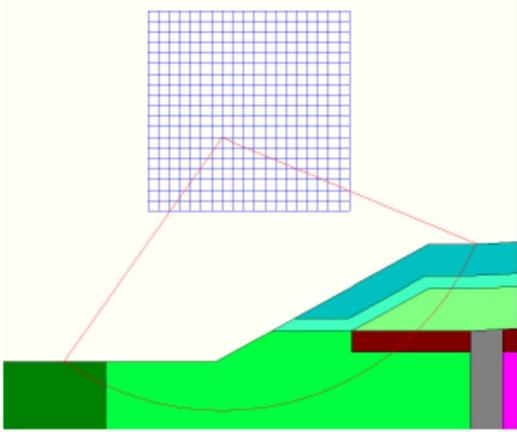
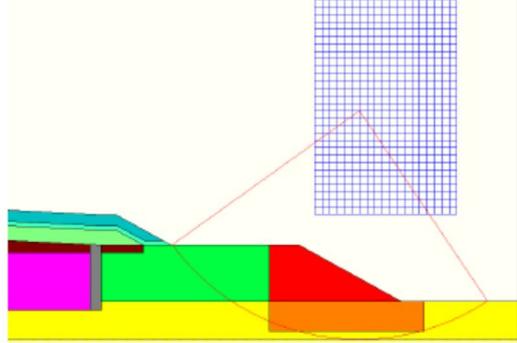
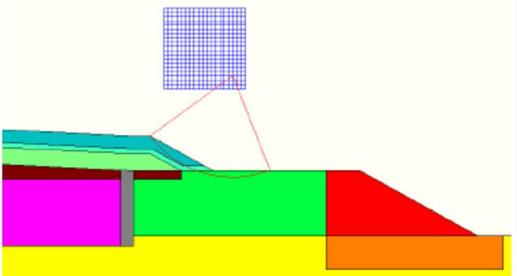
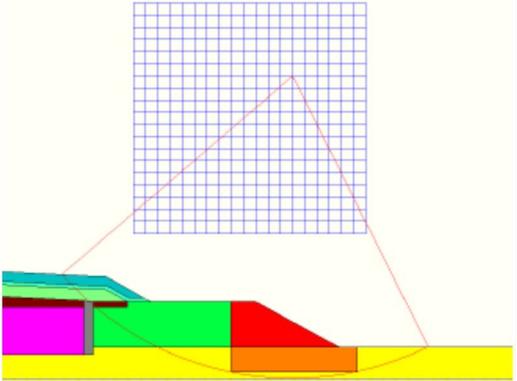
耐震重要度Cクラス相当の地震力に対して円弧すべりによる安定性確認を行った結果を第2-4表に示す。

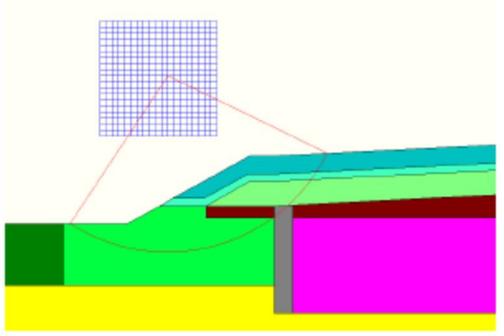
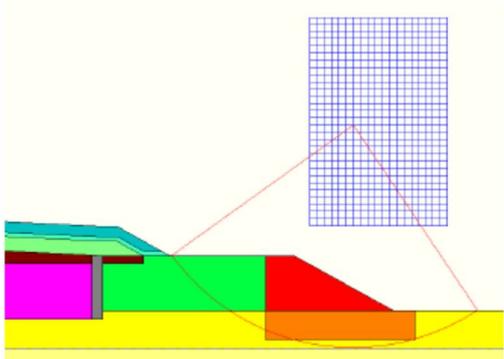
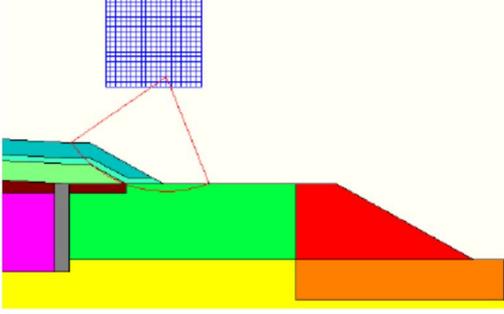
第2-4表 すべり安定性解析結果

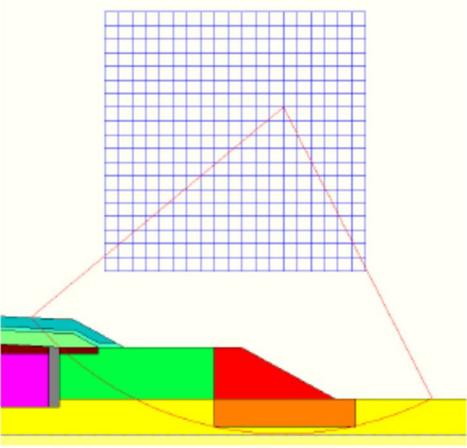
断面	対象とする 斜面	風の 向き	すべり面形状	最小 安全率
E W 断面	施設西側法面＋ 西側最終覆土西 側法面	E→W		1.6
	西側最終覆土東 側法面＋東側最 終覆土西側法面			1.3
	施設東側法面			13.8

断面	対象とする 斜面	風の 向き	すべり面形状	最小 安全率
E W 断面	東側最終覆土東 側法面	E→W		3.2
	施設東側法面＋ 東側最終覆土東 側法面			1.9
	施設西側法面＋ 西側最終覆土西 側法面	W→E		1.7

断面	対象とする 斜面	風の 向き	すべり面形状	最小 安全率
E W 断面	西側最終覆土東 側法面＋東側最 終覆土西側法面	W→E		1.6
	施設東側法面			13.6
	東側最終覆土東 側法面			2.6
	施設東側法面＋ 東側最終覆土東 側法面			1.8

断面	対象とする 斜面	風の 向き	すべり面形状	最小 安全率
N S 断面	施設南法面＋最 終覆土南側法面	N→S		1.3
	施設北側法面			3.8
	最終覆土北側法 面			1.6
	施設北側法面＋ 最終覆土北側法 面			1.9

断面	対象とする 斜面	風の 向き	すべり面形状	最小 安全率
N S 断面	施設南法面＋最 終覆土南側法面	S→N		1.4
	施設北側法面			3.3
	最終覆土北側法 面			1.6

断面	対象とする 斜面	風の 向き	すべり面形状	最小 安全率
N S 断面	施設北側法面＋ 最終覆土北側法 面	S→N		1.8

## 8 参考文献

- (1) 道路土工 盛土工指針（平成 22 年度版），（社） 日本道路協会，平成 22 年 4 月
- (2) 道路橋示方書（V 耐震設計編）・同解説，（社） 日本道路協会，平成 24 年 3 月
- (3) 港湾設計事例集，（財）沿岸技術研究センター，平成 19 年 3 月
- (4) 「道路橋示方書（I 共通編）・同解説，（社）日本道路協会，平成 29 年 11 月

以上

## 廃棄物埋設地の基本固有周期の算定及び耐震設計上の地盤種別の判定

「道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説」<sup>(1)</sup>（以下「道示V」という。）に基づき、廃棄物埋設地の基本固有周期を算定して、廃棄物埋設地の耐震設計上の地盤種別（Ⅰ種・Ⅱ種・Ⅲ種）の判定を行う。地盤の固有周期は以下の式による。

$$T_G = 4 \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_{si}}$$

$T_G$ ：地盤の基本固有周期（s）

$H_i$ ：i番目の地盤の厚さ（m）

$V_{si}$ ：i番目の地層の平均せん断弾性波速度（m/s）

i：当該地盤が地表面から耐震設計上の基盤面まで n 層に区分される場合の地表面から i 番目の地層の番号

上記の式において、「道示V」<sup>(1)</sup>によると、耐震設計上の基盤面は、十分堅固な地盤の上面とされており、平均せん断弾性波速度が 300 m/s 程度以上の値を有している剛性の高い地層は、十分堅固な地盤とみなしてよいとされている。これは、粘性土層ではN値 25 以上、砂質土層ではN値 50 以上の値を有している剛性の高い地層からなる地盤と考えることができる。

基本固有周期の算定において、平均せん断弾性波速度  $V_{si}$  は、廃棄物埋設地にて実施された標準貫入試験で取得されたN値から以下の式により算定する。

$$\text{粘性土層の場合： } V_{si} = 100N_i^{1/3} \quad (1 \leq N_i \leq 25)$$

$$\text{砂質土層の場合： } V_{si} = 80N_i^{1/3} \quad (1 \leq N_i \leq 50)$$

ここで、

$N_i$ ：標準貫入試験による  $i$  番目の地層の平均  $N$  値

耐震設計上の地盤種別の判定は、算定した地盤の基本固有周期に応じ、表 2-1-1 により区別する。廃棄物埋設地の耐震設計上の地盤種別の判定結果を表 2-1-2 に示す。廃棄物埋設地の耐震設計上の地盤種別は、Ⅲ種地盤（地盤の基本固有周期 1.55 秒）となった。

表 2-1-1 耐震設計上の地盤種別

地盤種別	地盤の基本固有周期 $T_G$ (s)
I 種	$T_G < 0.20$
II 種	$0.20 \leq T_G < 0.60$
III 種	$0.60 \leq T_G$

表 2-1-2 耐震設計上の地盤種別の判定結果

耐震設計上の基盤面の地層	A c 層
地盤の基本固有周期 $T_G$ (s)	1.55
耐震設計上の地盤種別	Ⅲ種

参考文献

- (1) 道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説，（社）日本道路協会，平成 24  
年 3 月

以上