## 4. 貯留構造物の安定計算の考え方

### (1) 設計基準

#### 1) 基準省令と留意事項

「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省令（以下、「基準省令」という。）」及び「同省令の運用に伴う留意事項　平成 10 年 7 月 16 日（以下、「留意事項」という。）」には、擁壁・堰堤等について、以下のように規定されている。

（基準省令）

四　埋め立てる一般廃棄物の流出を防止するための擁壁、えん堤その他の設備であって、次の要件を備えたもの（以下「擁壁等」という。）が設けられていること。

イ　自重、土圧、水圧、波力、地震力等に対して構造耐力上安全であること。

ロ　埋め立てる一般廃棄物、地表水、地下水及び土壌の性状に応じた有効な腐食防止のための措置が講じられていること。

（留意事項）

構造耐力（第 4 号イ）

荷重及び外力として自重、土圧、水圧、地震力を、さらに水面埋立地においては波力を採用して擁壁等の安定計算（静的設計計算をいう。）を行い、安全性を確認すること。

安定計算の対象としては、基礎地盤の支持力、擁壁等構造物の転倒及び滑動等があり十分な安全率を見込んで行うこと。その他の荷重及び外力としては、積載荷重、積雪荷重、風圧力があり、埋立地の状況に応じて採用すること。

#### 2) 適用する基準

「廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領 2010 改訂版（以下「全都清要領」という。）」では、盛土えん堤（盛土ダム）形式の貯留構造物の設計は、「土地改良事業計画設計基準　設計「ダム」（以下「土地改良基準」という。）」（農林水産省農村振興局）を設計基準として準拠するとしている。

そのため、本件の貯留構造物の安定計算は、「土地改良基準」を設計基準として準拠し、廃棄物等の貯留構造物であることを考慮して設計を行った。

また、県指針には、貯留構造物の設計について次のとおり記載されている。

【県指針 p. 8 より】

## 4-1-15　構造物の設計

埋め立てる廃棄物の流出を防止するための擁壁、えん堤その他設備は自重、土圧、水圧、波力、地震力等に対して構造耐力上安全であること。

① 必要に応じて埋め立てる廃棄物の性状、設置箇所の地形、地質・土質、水文および施工条件等、設計に必要な基本事項を調査すること。

② ①の調査結果、埋立容量、施工性等を総合的に検討し貯留構造物の種類・構造形式及び基礎形式を選定すること。

③ 貯留構造物の設計にあたっては、原則として下記の設計基準等に準拠するとともに、廃棄物の最終処分場であることを考慮して行うこと。

ア　重力式コンクリートダム
・「建設省河川砂防技術基準（案）同解説設計編［Ｉ］」(社)日本河川協会（1997. 10)

イ　盛土ダム
・「土地改良事業計画設計基準　設計・ダム」(社)農業土木学会(2003. 4)

ウ　擁　壁
・「道路土工　擁壁工指針」(公社)日本道路協会（2012. 9)

④ 貯留構造物の高さは、外周のり面を貯留施設とする場合には、浸出水が周辺地に流出しないよう貯留構造物の天端標高が埋立地外周地盤高さより低くなるよう計画すること。

⑤ 設計荷重の種類は次のものが考えられるが、構造物の種類及び各設計基準に基づき荷重条件を明確に設定すること。

ア　自重
イ　静水圧
ウ　廃棄物圧
エ　地震時慣性力
オ　間隙水圧

⑥ 設計荷重の組み合わせは、少なくとも次の４ケースについて検討することとし、条件に合わせて適宜、追加削除をするものとする。

| | 状態 | 説明等 |
|---|---|---|
| ケース１ | 完成直後・空虚時 | 構造物上流が空虚な状態、設計震度は 100%とする。 |
| ケース２ | 埋 立 中・洪水時 | 構造物上流に浸出水が貯水（満水位）されている。<br>設計震度は 50%とする。 |
| ケース３ | 埋立終了・洪水時 | 廃棄物の埋立が終了し、埋立面まで浸出水で満たされている、または貯水可能水位まで貯水されている。<br>設計震度は 50%とする。 |
| ケース４ | 埋立終了・地震時 | 廃棄物の埋立が終了し、跡地利用のための造成計画を考慮する。設計震度は 100%とする。 |

⑦ 地震時における安定検討
各設計基準に基づき、地震時の検討を行うものとする。

⑧ 基礎地盤の土質調査
基礎地盤について、原則、土質調査により安定計算に必要な土質定数等を決定すること。土質調査を行うことが困難な場合は、各設計基準に基づき適切に土質定数等を決定すること。

### (2) 安定計算の種類

設計要領 p.213 の「貯留構造物の安定計算と荷重の組み合わせ」によると、盛土えん堤（盛土ダム）の場合、安定計算の種類は以下の 3 項目とされている。

・基礎地盤の支持力

・堤体および基礎地盤の滑動

・堤体および基礎地盤の浸透水による破壊

貯留構造物の安定計算では、上述の３項目について安全性の確認を行った。

### (3) 設定定数

#### 1) 設計水平震度

すべり土塊に作用させる設計水平震度は、「盛土工指針」の p.125 に示すように設計水平震度の標準値に、地域別補正係数($C_Z$=0.85)を乗じて算出し、設計水平震度 0.21（0.24×0.85＝0.204≒0.21）と設定した。

なお、地盤種別は、安全性を考慮し、Ⅲ種と設定した。

#### 2) 廃棄物の土質定数

貯留構造物の安定性検討に用いる廃棄物の土質定数は、「全都清要領」(p.207）に代表的な廃棄物の定数が記載されている。

本件の埋立対象廃棄物は、燃え殻・ばいじん・石膏ボード（「ガラスくず、コンクリートくずおよび陶磁器くず」に分類）等、１３種類の産業廃棄物であり、広域的な移動が見込まれるとともに、産業活動の変化によっても性状が異なることが想定される。埋立対象廃棄物の搬入計画割合は、平成 25 年度に実施した搬入希望量に関するアンケート結果によると、「産業廃棄物焼却施設からの燃え殻」や「ばいじん」が全体の約 66%を占める結果となっている。

以上により、廃棄物の単位体積重量は、「全都清要領」(p.207)：埋立廃棄物の土質定数事例・表中の「都市ごみ焼却残渣」の値を参考として、$\gamma$＝16.4 kN/m³（本処分場の埋立対象物は特定なものではなく、一般的な産業廃棄物と考え、全国実績の 1.34～2.01 t/m³の平均値を用いる。）と設定した。

また、廃棄物の内部摩擦角及び粘着力は、同表中の「都市ごみ焼却残渣」の三軸圧縮試験に基づく値のうち、安全側の近似値（特定な環境・埋立状況に応じて予期せぬ極端なデータが出る可能性があるため、最大値とする。）参考として、$\phi$＝21 度（21.0～40.2 度）及び c＝29.4 kN/m²（0.3～0.9 kg/cm²）と設定した。

表01-1　廃棄物関連の定数一覧（全都清掃要領 p.207 より）

| 対象＼項目 | | 単位体積質量〔湿潤密度〕(t/m³) | 含水率 (%) | 熱しゃく減量 (%) | (真)比重 (−) | 締固め | | 一面せん断 | | 一軸圧縮 | | 三軸圧縮 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 最大乾燥密度 (g/cm³) | 最適含水比 (%) | 粘着力 (kg/cm²) | せん断抵抗角 (度) | 粘着力 (kg/cm²) | 一軸圧縮強さ (kg/cm²) | 粘着力 (kg/cm²) | せん断抵抗角 (度) |
| 都市ごみ焼却残渣 | 4.76mm通過 | 1.34～2.01 | 11.1～54.4 | 3.5～9.2 | 1.78～2.53 | 1.35 | 19.8 | 0.07 | 32.0～32.5 | − | − | 0.32～0.72 | 28.2～32.4 |
| | 9.52mm or 19.1mm通過 | | | 0.6～37.1 | 1.86～3.54 | 0.8～1.67 | 11.7～59.5 | 0.33～1.18 | 21.5～49.2 | − | 0.17～0.58 | 0.3～0.9 | 21.0～40.2 |
| | 全量通過 | | | 5.9～10.2 | 2.34～2.63 | 1.21～1.63 | 23.0～26.6 | 0.14～1.54 | 21.2～54.6 | − | − | − | − |

上記より、廃棄物の土質定数は以下のとおりである。

○単位体積重量 $\gamma$ =16.4 kN/m³

○粘着力　C=29.4 kN/m²

○内部摩擦角　$\phi$ =21°

### 3) 貯留構造物築堤材料の土質定数

貯留構造物は、重要構造物であり、基本的には良質な砂質土で構築する計画である。

現地からは、地質調査結果により、B3c 層や M1 層が発生すると考えられるが、B3c 層は一般廃棄物処分場造成時の粘性土主体盛土であり、N 値が 2 程度の軟弱な粘性土を主体とし、まれに礫分を含む特徴を有している。

また、M1 層は、凝灰角礫岩･凝灰岩の風化土や火山灰質粘性土が、0.5～3m 程度の層厚で不均質に混在し、固結度の弱い粘性土主体である。

上述のとおり、B3c 層や M1 層の発生土は、貯留構造物の使用材料には適していないことから、現場発生土の利用は行わず、良質な砂質土の購入土とする。

貯留構造物築堤材料の土質定数は、「盛土工指針」に記載されている砂質土の定数により設定する。

○単位体積重量 $\gamma$ =19 kN/m³

○粘着力　C=30 kN/m²

○内部摩擦角　$\phi$ =25°

### 4) 貯留構造物下部の土質定数

貯留構造物下部の土質定数は、今回の地質調査結果より設定する。

調査結果から貯留構造物の下部には、B3c、Ac、M1 及び M2 の 4 つの層が分布することが想定される。

また、M1 と M2 層は、地層の固結度にバラつきがあり、N 値に差が見られる。このことから、M1 と M2 層においては、N 値により地層を細分化し、土質定数を設定する。

土質定数は、下表に示すとおりである。

表01-2　貯留構造物下部の土質定数

| 地層 | | N値<br>回 | 単位体積重量γ<br>kN/m$^3$ | 粘着力C<br>kN/m$^2$ | 内部摩擦角φ<br>° | 変形係数E<br>kN/m$^2$ | 透水係数k<br>cm/sec |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B3c | | 4.7 | 17 | 20 | 15 | 3200 | $1.97\times10^{-6}$ |
| Ac | | 5.0 | 17 | 28 | 15 | 3500 | $9.13\times10^{-6}$ |
| M1 | 10未満が主体の層 | 7.2 | 17 | 42 | 29 | 5000 | $2.14\times10^{-5}$ |
| | 10～30が主体の層 | 18.2 | 20 | 103 | 32.5 | 12700 | $2.14\times10^{-5}$ |
| | 30以上が主体の層 | 84.4 | 22 | 238 | 35 | 59000 | $2.95\times10^{-7}$ |
| M2 | 10未滴が主体の層 | 6.3 | 14 | 45 | 24 | 4400 | $1.01\times10^{-7}$ |
| | 10～30が主体の層 | 22.7 | 20 | 109 | 32.5 | 24400 | $1.01\times10^{-7}$ |
| | 30以上が主体の層 | 93.1 | 22 | 252 | 35 | 65100 | $1.01\times10^{-7}$ |

### (4) 貯留構造物安定計算のポイント

#### 1) 基礎地盤の支持力の確認

軟弱地盤のように十分な支持力を有していない基礎地盤上に盛土する場合、盛土が立ち上がるにつれて、盛土下の基礎地盤が沈下し側方に変位して、盛土側方の地盤が隆起することがある。

基礎地盤の沈下量、隆起量及び隆起の及ぶ範囲は、徐々に増大し、盛土荷重が地盤の極限支持力を超えたとき、次図に示すようなすべり面に沿って盛土が崩壊する。

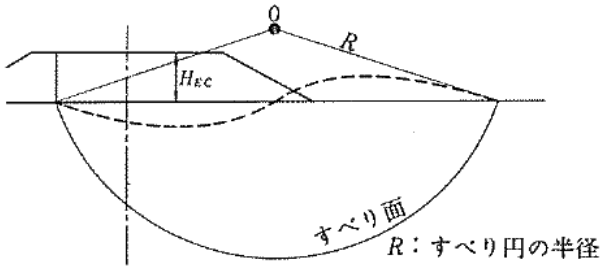



図01-8　盛土のすべりモデル図

上述の現象は、基礎地盤内に円弧すべり面が出現する場合であり、基礎地盤の支持力に対する安定性は円弧すべり計算によって確認する。

#### 2) 堤体および基礎地盤の滑動の確認

貯留構造物本体および基礎地盤の滑動は、円弧すべり計算により安定性を確認する。

貯留構造物本体が滑動によって崩壊する場合、その要因は、のり面勾配･締固め管理基準値･盛土材料･のり面保護･地盤改良･補強材料等によるものが挙げられるが、円弧すべり計算によって、それらの要因が問題ないかを確認する。

基礎地盤の滑動は、先述の「基礎地盤の支持力の確認」と重複するが、円弧すべり計算によって確認する。

### 3) 堤体および基礎地盤の浸透水による破壊の確認

先述のとおり、貯留構造物本体および基礎地盤は、円弧すべり計算により、安定性を確認しているが、その安定計算では次のケースを想定して計算している。

貯留構造物本体および基礎地盤の浸水による破壊については、「第Ⅰ期供用中（洪水時）」および「埋立終了（洪水時）」を適用し、円弧すべり計算によって確認した。

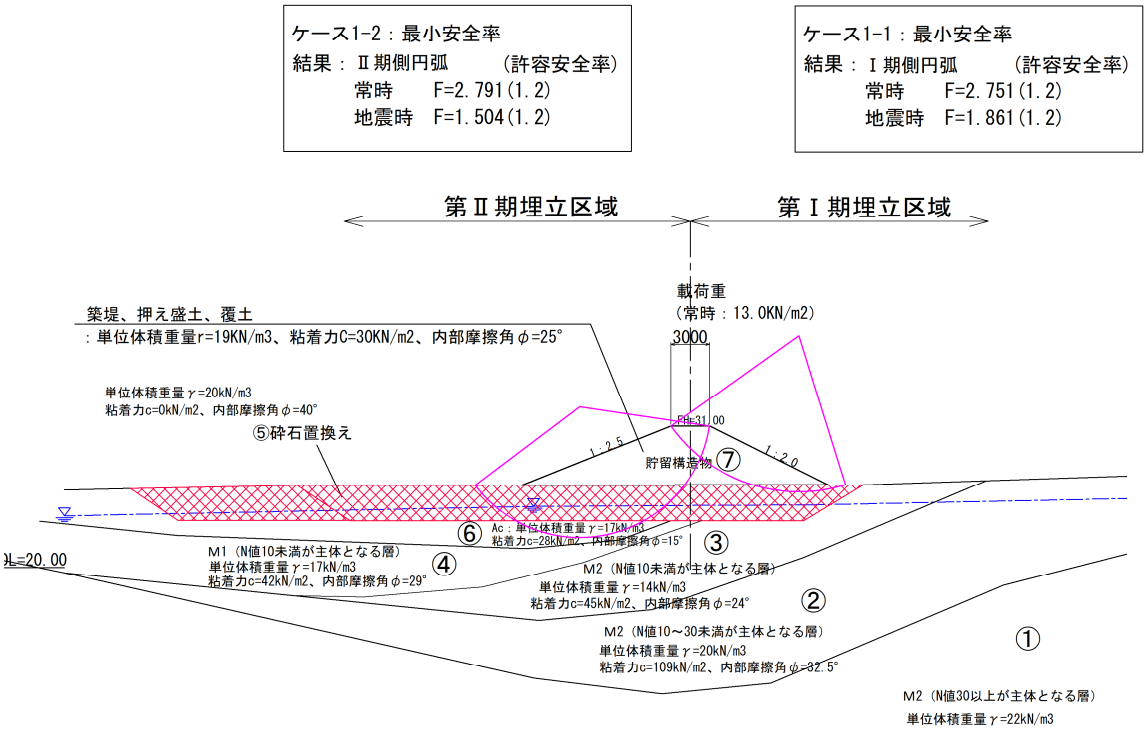
また、円弧すべり計算では、埋立地底部には地盤対策（砕石置換）を反映した検討を行った。

円弧すべり計算結果は、許容安全率 1.2 以上を確保していることを確認した。

○ケース１：貯留構造物完成直後（未埋立時）

・貯留構造物完成直後であり、廃棄物が埋め立てられていない状態である。

・貯留構造物直上流が空虚な状態が長期間にわたることも想定されるため、設計震度は 100％とする。



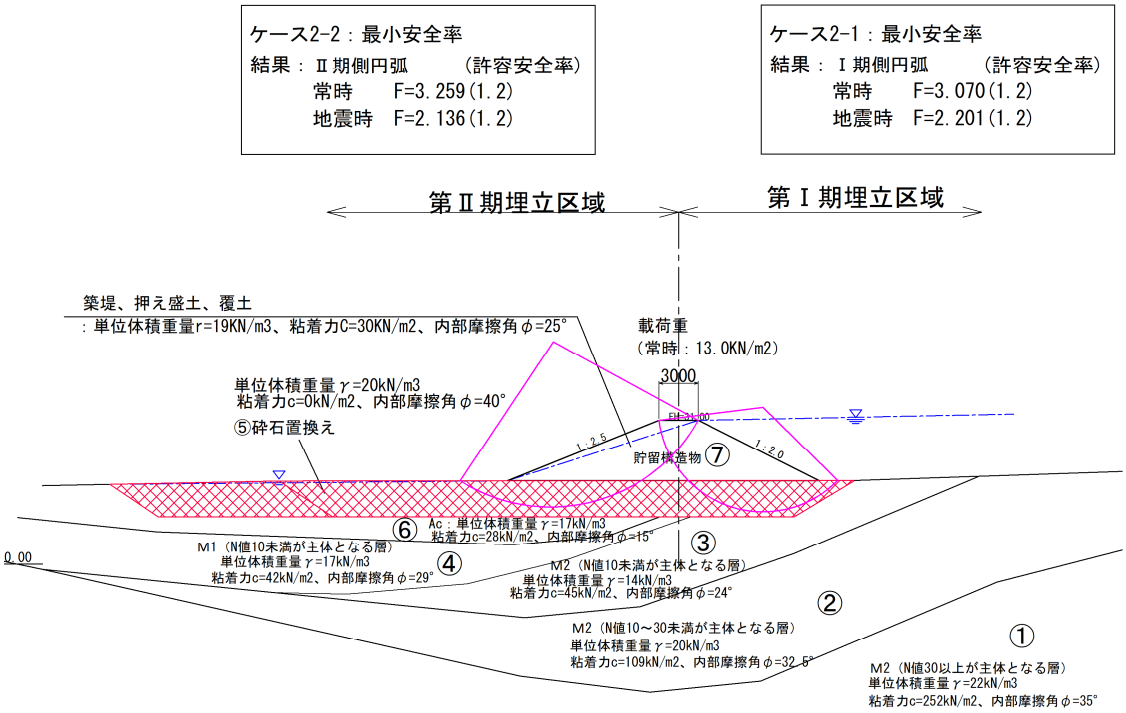
○ケース 2：第Ⅰ期供用中（洪水時）

・埋立中であるが貯留構造物天端以上は廃棄物が埋立られておらず、洪水（浸出水）が貯留している。

※実際は、浸出水集排水管があるため、洪水（浸出水）が貯留することはないが、危険側として想定する。

・洪水（浸出水）水位は、物理的に貯留可能な水位（満水位）とする。

・洪水時（内部貯水時）に地震に遭遇する確率は低いものと考えられることから、設計震度は 50%とする。



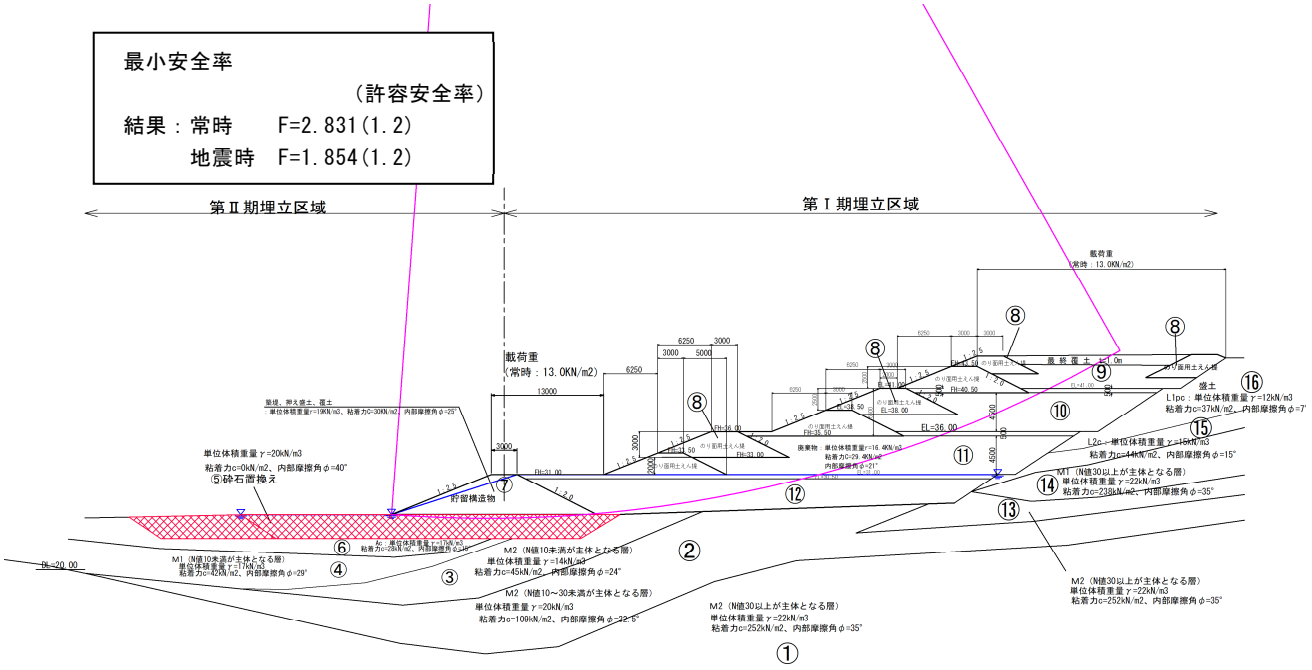

○ケース 3-1：埋立終了（洪水時）

・埋立終了し貯留構造物上部には廃棄物が埋め立てられている。貯留構造物天端まで洪水（浸出水）が満たされている。

※実際は、浸出水集排水管があるため、洪水（浸出水）が貯留することはないが、危険側として想定する。

・洪水（浸出水）水位は、物理的に貯留可能な水位（満水位）とする。

・埋立終了後は、一般に覆土などにより表流水を排除するため、埋立終了後の洪水時に地震に遭遇する確率は低いものと考えられることから、設計震度は 50%とする。




○ケース 3-2：埋立終了（平常時）

・埋立終了し貯留構造物上部には廃棄物が埋め立てられている。

・洪水（浸出水）水位は、ないものとする。

・埋立終了後、終了状態が長期間に渡ることを考慮し、設計震度は 100%とする。

