

参考資料 - 6 . 跡地利用施設に関するガス対策

メタンガス等が発生する地盤に建物を作る場合、床に亀裂があれば、ガスは建物の中に侵入する。ガスが建物の中に侵入すれば、天井や床などに滞留することになり、火源があれば着火するおそれがありうる。

また、運動場・グラウンドや駐車場のよう、面的に廃棄物埋立地表面の通気性を低下させるような利用を行う場合、ガスがグラウンド等の下部に滞留して予想もしない場所から放出するおそれがある。地表面から 1.5m 程度離れば数十%の濃度のガスでも希釈されて爆発限界以下に低下するといわれているが、小児の利用や芝生等の枯死などが想定されることから留意する必要がある。

跡地利用施設の供用中に、このような事故の起こることのないようにするため、あらかじめ対策を講じておくことが望ましく、ここでは跡地の供用中の事故防止のための建物に関するガス対策例について述べる。

対策の第一は、ガスが排出されないようにすることが最も効果的である。次いで、排出されたガスが建物の中に侵入しないように、又は不特定の場所から排出されないようにすることである。さらに、ガスが侵入してもすぐに排除できるようにしておくことも重要である。

以上のような対策の他に、建物の中にガスが侵入したときに、それを知らせる検知探知器を設置することも考慮する必要がある。

以上の対策のうち、一つだけで完全なものにはならないので、二つ以上の組み合わせによって、二重、三重の安全を図るようにするとよい。

各対策には次のような方法がある。

1) 廃棄物埋立地対策

発生ガスについて、廃棄物埋立地からの発生抑制対策例を表 6-1 に示す。いずれの対策によっても、これだけで発生ガスが完全に抑制される方法はない。

このうち、ガス抜き管設置は、計画に確実性があるといった点で優れている。したがって、建物の床下などにガス抜き管を設置するなどして、ガスが滞留しないようにする対策を採用するとよい。

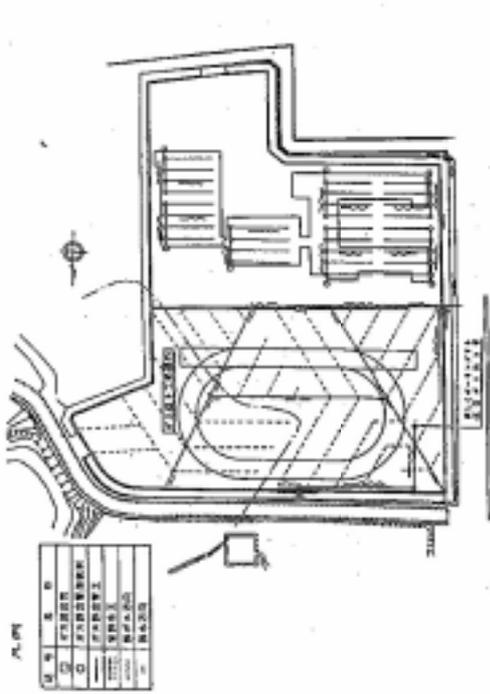
また、運動場等の広場についても、このような対策を講ずることが望ましい。

2) ガス抜き管

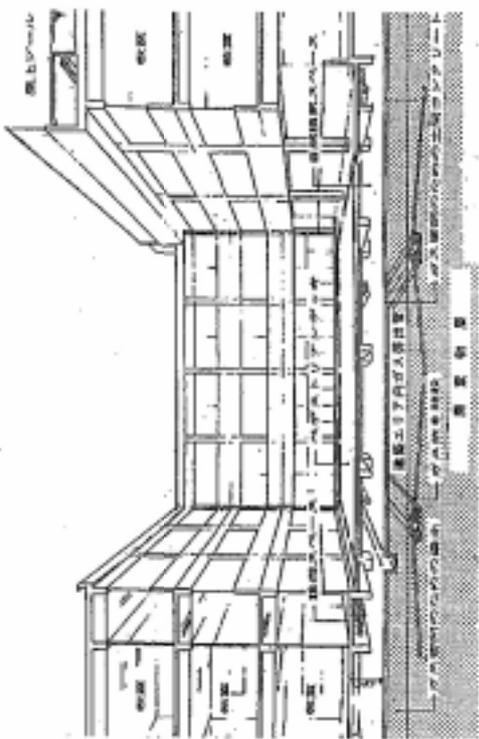
床下にガス抜き管を設置した例を図 6-1、図 6-2 に示す。図 6-1 上部の例は、ガス抜き管の上部を粘性土で覆って、ガスを集めやすくしている例である。また、ガス排出筒を照明灯やフェンスと兼用させて、目立たないような工夫がしてある。ガス排出は自然換気方式によっている。なお、建物の床は、二重スラブにしてある。図 6-1 下部の例は、床のすぐ下に 5m 感覚で空間(ガス抜きポイド)を設けておき、発生ガスがここを通過して排出されるようになっている。各ポイドの端と塩ビ管をつなぎ、さらにそれらを幹管に連結して排気ファンで排出するようになっている。

表 6-1 発生ガスの廃棄物埋立地対策の比較 ⁴

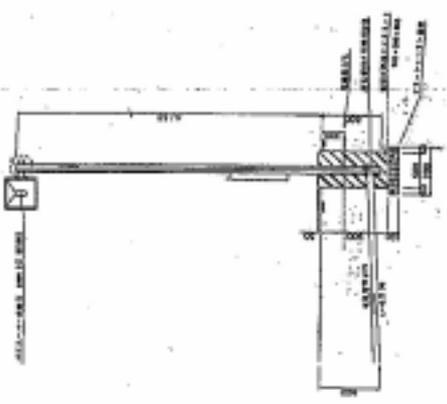
対策	工 法 (例)		特 長	問 題 点
a. ガスの 早期排出	重錘落下締固 め	<ul style="list-style-type: none"> 重錘(10~50tf)を高所(20~30m)から落下させてごみ層を締固めガスを放出させる 	<ul style="list-style-type: none"> ガス放出と同時に地盤改良効果もある 改良した地盤より下部のガスも発生し難くなる 	<ul style="list-style-type: none"> ゴミ層の改良深度は5m程度である ガスの発生が止まるわけではない
	ガス抜きポー リング吸引 圧気挿入 (バイオ・プ ースター等)	<ul style="list-style-type: none"> ガス抜きポーリングから吸引して、ガスを放出させる 	<ul style="list-style-type: none"> 溜りガスを放出する 工事費が安い 	<ul style="list-style-type: none"> 溜りガスは放出されるが、ガスの発生が止まるわけではない
b. ガスの発生 の抑制	固化 (深層混合 処理)	<ul style="list-style-type: none"> 固化材をごみ層と混合するなど、ごみ層を固化して、ガスの発生を防ぐ 	<ul style="list-style-type: none"> ガス発生が少なくなる 同時に地盤改良にも効果がある 	<ul style="list-style-type: none"> ごみ層に対して改良効果が不安定である 工事費が高価である
c. ガスの放出 の抑制	シート覆い、 または覆土	<ul style="list-style-type: none"> 改めて覆土を施行するか、またはシートで地表を覆って、ガスの放出を防ぐ 	<ul style="list-style-type: none"> 工事が容易で、安価である 	<ul style="list-style-type: none"> 基礎杭などの周辺処理が難しい ガス放出を完全に止めるのは難しい
d. ガスの放出 の制御	ガス抜き管 設置	<ul style="list-style-type: none"> 床下などにガス抜き管を設置して、発生ガスを滞留させないようにする 	<ul style="list-style-type: none"> 発生ガスを滞留させない点では確実な計画ができる 	<ul style="list-style-type: none"> ガス抜き管の効果(ガスが滞留していないか)を監視する必要がある



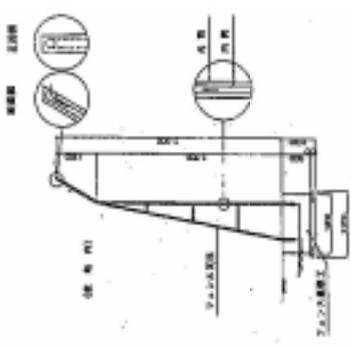
a. ガス検知器設置平面図



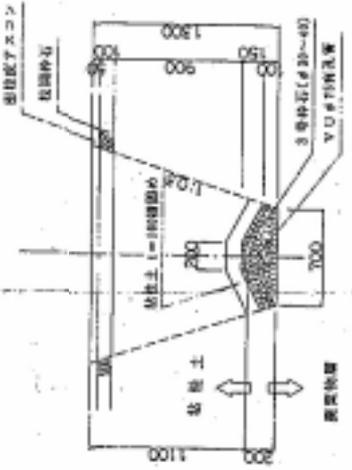
b. ガス検知器設置断面図



c. ガス検知器取付断面図



d. ガス検知器天井取付断面図



e. ガス検知器壁取付断面図

図 6-1 廃棄物埋立地に瀨土した建築物のガス対策例

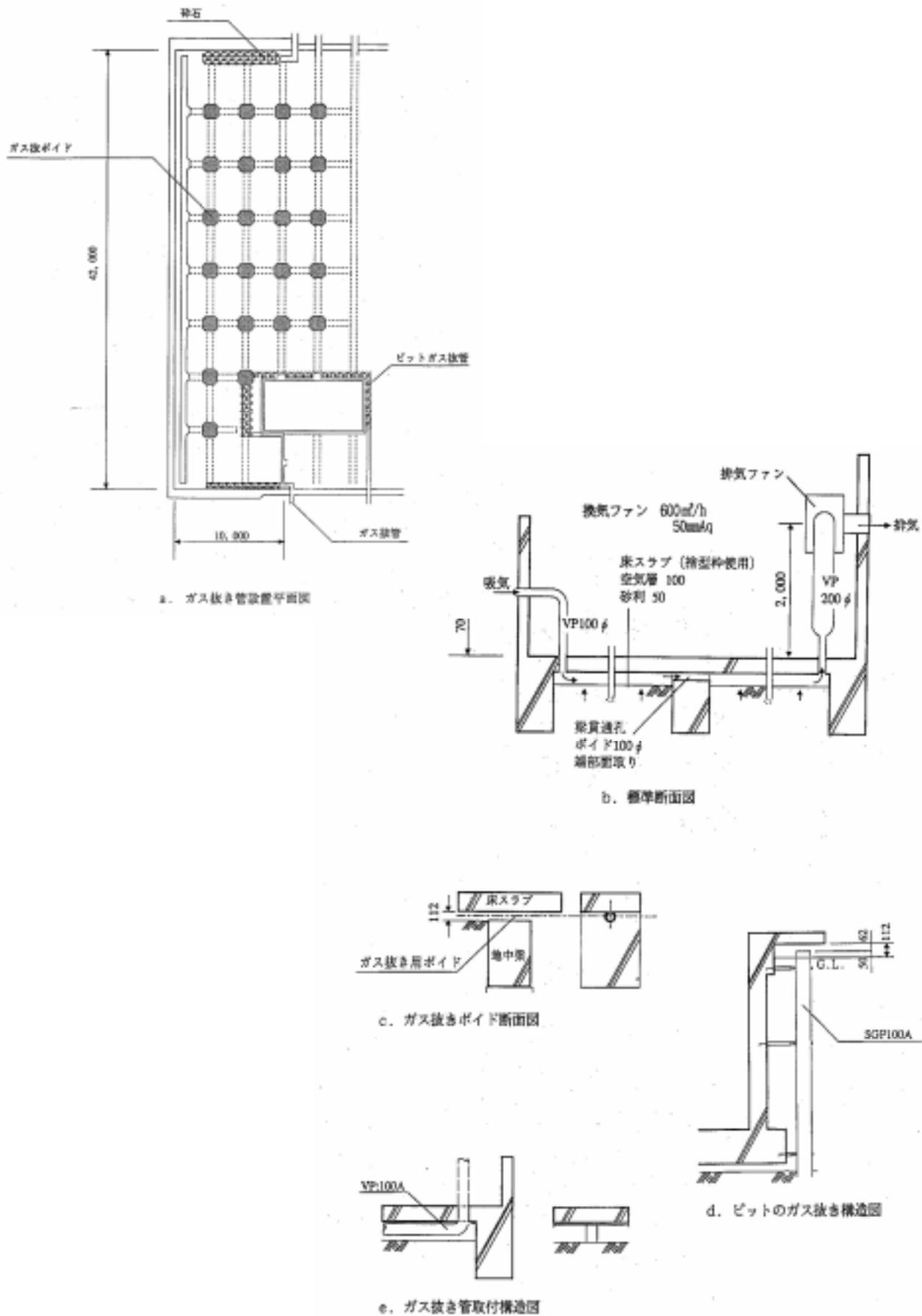


図 6-2 床下のガス抜き管設置例 *4

図 6-1 の床下ガス抜き管設置例では、ガス抜き管の上部を粘性土で覆っているが、粘性土では完全にガスを遮断することはできない場合もある。粘性土の上方(床の下)にもガスが滞留する可能性があることから、必要に応じて床下にもガス抜き管を設置するとよい。

さらに、床下に設ける空隙の部分に砕石を充填した状態にしておく方法も効果的である。この方法は、確実に隙間を作ることができ、工事も容易である。

なお、ガス排出を自然換気によるか、排気ファンを設置するかの選択は、大気圧の高い時期や冬季に自然換気力の低下が考えられるので、排気ファンを設置するほうが効果的である。また、維持管理費の低減のために常時は自然換気による排出を主体として、排出ガスの濃度を測定して、必要なときにのみ排気ファンを運転するようなシステムにするとよい。

3) 地下構造物周辺のガス滞留防止

地下構造物を設けた場合、その肩の部分にメタンガスが滞留しやすいので、この部分にはガス抜き管を設置する(図 6-3)。

また、図 6-3 のような場合に使用する埋戻土として、工事で掘削した埋立廃棄物を仮置きしておいて乾燥し、場合によってはふるい分けなどをして、再使用することも考えるとよい。

4) ガスの侵入防止

発生ガスが建物の内部に侵入する箇所として、床コンクリートに発生する亀裂と配管などの貫通部が考えられる。この対策は次のような例がある。

(1) 床コンクリートの亀裂

人が常時いる部屋には、床及び壁に結露防止のためにシート張りされることがある。この場合、結露防止シートがガスの侵入防止の観点からも効果が期待できることもある。

(2) 配管貫通部

貫通部にコーキングを施して、密閉を完全なものにする。

5) 床下の侵入ガス排除

床を二重スラブにしてメタンガスが部屋に侵入するのを防ぐ方法の例を、図 6-4 に示す。床下に空間を作っておけば、仮に下のコンクリート版からガスが侵入しても、床下の空間でガスが希釈されるので、部屋の中へはガスが侵入しにくくなる。

床下の空間には、ガス抜き管を設ける必要がある。簡単な建物であれば、床の壁にガス抜き穴を作り、床の下側に勾配をつけることにより、自然換気でガス抜きができる。しかし、大きな建物の場合、必要に応じて内側の部屋にはガス抜き管を敷設し、ブロワで強制換気するとよい。

砕石とガス抜き管によるガス排除対策を採用すれば、あえてガス対策のために二重スラブ構造を採用する必然性はないが、二重スラブを採用する場合は、二重スラブ部分に換気設備を設置して、ガス対策設備として兼用すればよい。

また、電設用マンホールなどに、高濃度のガスが滞留する可能性も考えられる。こ

参考資料 - 7 . 擁壁等流出防止設備の安定計算方法例

安定計算の要領は下記のとおりである。

1) 計算手法

陸上における廃棄物埋立地の擁壁等流出防止設備の安定計算方法は、道路土工擁壁工指針、河川砂防技術基準、土地改良事業計画設計基準等が参考となる。

2) 計算条件の設定

構造物の自重、廃棄物圧（土圧）、水圧、地震力、上載荷重（利用荷重等）を採用した指針等に従って組み合わせた荷重を用いる。擁壁等流出防止設備の安定計算は、常時及び地震時について行う。

また、耐震設計計算法としては、図 7-1 に示す 4 法に大別することができる。最終処分場の擁壁等流出防止設備に用いられる耐震設計計算法としては、従来震度法が多く用いられているが、震度法で仮定されている高さ方向の一様な震度分布は観測事実と必ずしも一致していない。貯水構造物の設計基準では、高さ 15m 以上 100m 程度の以下のフィルダムについては修正震度法による安定性の確認を求めており、擁壁等流出防止設備についても、高いものについては修正震度法を用いることも考慮すべきである。

このような前提のもと、地震力を考慮して構造物の耐震上の安全性を確認する場合は静的耐震設計法のうち震度法を用いて行うことを基本とする。設計震度は、地震時に想定した最大加速度を重力の加速度で除した値で表したもので、地域区分、基礎地盤の状態、及び構造物の種類・構造形式などによって異なる。重力式コンクリートダム、アーチ式区コンクリートダム、ゾーン型フィルダム及び欽一型フィルダムに適用される河川砂防技術基準（案）より、設計震度の地域区分を図 7-2 に、設計震度を表 7-1 に示す。

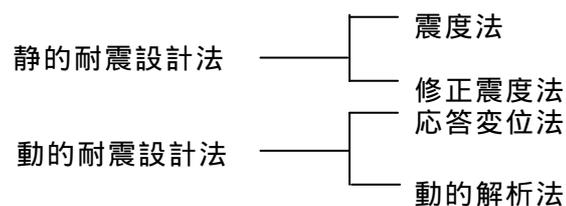


図 7-1 耐震設計計算法の分類



図 7-2 設計震度の地域区分^{*6}

表 7-1 設計震度^{*6}

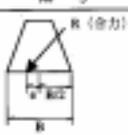
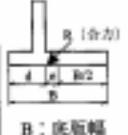
	ダムの基礎条件	重力式コンクリートダム	アーチ式コンクリートダム	ゾーン型フィルダム	均一型フィルダム
強震帯地域	通常の岩盤基礎	0.12~0.15	0.24~0.30	0.15	0.15~0.18
	土質基礎			0.18	0.20
中震帯地域	通常の岩盤基礎	0.12	0.24	0.12~0.15	0.15
	土質基礎			0.15~0.18	0.18~0.20
弱震帯地域	通常の岩盤基礎	0.10~0.12	0.20~0.24	0.10~0.12	0.12
	土質基礎			0.15	0.18

ただし、これらの値は目安の値であり、当該地域の地震歴、地質条件、堤体の動力学的特性を考慮してこれらの値以上をとることとする。

3) 計算結果の評価

計算結果の評価は、表 7-2 に示すように、安定計算の種類ごとに安全率（安全に対する指標）で評価する。準拠する計算基準によって安全率や安定計算の種類が異なるので留意する必要がある。

表 7-2 擁壁等流出防止設備の安定計算と荷重の組み合わせ *1

貯留構造物	安定計算の種類	安全に対する指標	荷重の組み合わせ	準拠する設計基準	備考
重力式 コンクリートダム	①堤体と基礎地盤の接触部における滑動 ②堤体の転倒 ③基礎地盤の支持力	①に対して4.0以上 ②に対して $\eta \leq B/6$ 常時、地震時とも同じ	1.自重 2.廃棄物圧 3.静水圧 4.揚圧力 5.地震時慣性力 6.地震時廃棄物圧 7.地震時動水圧	建設省河川局監修、 日本河川協会編： 建設省河川砂防技術基準(案) 設計編[1]	 B：底版幅 e：偏心量
均一型盛土ダム 表面流水型盛土ダム ゾーン型盛土ダム	①堤体および基礎地盤の滑動 ②基礎地盤の支持力 ③堤体および基礎地盤の浸透水による破壊	①に対して1.2以上 常時、地震時とも同じ	1.自重 2.廃棄物圧 3.静水圧 4.揚圧力 5.地震時慣性力 6.地震時廃棄物圧	農林水産省構造改善局： 土地改良事業計画 設計基準 設計ダム	
擁 壁	①躯体の滑動 ②躯体の転倒 ③基礎地盤の支持力	①に対して 常時 1.5以上 地震時 1.2以上 ②に対して 常時 $\eta \leq B/6$ 地震時 $\eta \leq B/3$ ③に対して 常時 3.0以上 地震時 2.0以上	1.自重 2.廃棄物圧 3.静水圧 4.揚圧力 5.地震時慣性力 6.地震時廃棄物圧 7.地震時動水圧	日本道路協会： 道路土工 擁壁工指針	 B：底版幅 e：偏心量

参考資料 - 8 . 造成法面の安定計算方法例

道路土工のり面工・斜面安定工指針等による方法がよく用いられる。安定計算は、一般に図 8-1 に示すような円弧すべり面を仮定した分割法を用いて行う。この方法は、すべり面上の土塊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ものである。計算式を下記に示す。

なお、盛土の構成によっては、円弧すべり面の代わりに直線を含む複合すべり面を仮定した計算式もある。

$$F_s = \frac{\sum \{c \cdot l + (W - u \cdot b) \cos \alpha \cdot \tan \phi\}}{\sum W \cdot \sin \alpha} \quad (1)$$

ここに、 F_s : 安全率

c : 粘着力 (kN/m^2)

ϕ : せん断抵抗角 (度)

l : スライスで着られたすべり面の長さ (m)

W : スライスの全重量 (kN/m)

u : 間隙水圧 (kN/m^2)

b : スライス幅 (m)

α : スライスで切られたすべり面の中点とすべり面の中心を結ぶ直線と鉛直角のなす角 (度)

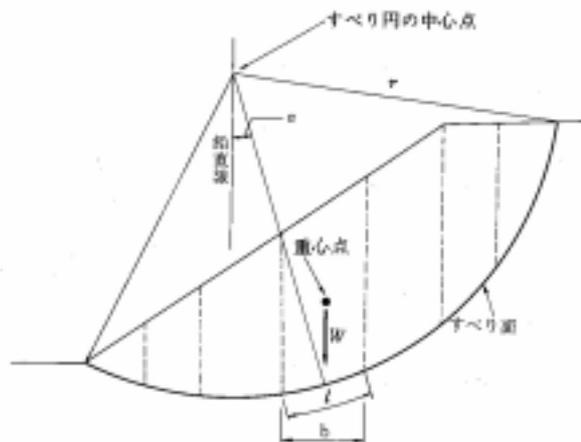


図 8-1 円弧すべり面を用いた常時の安定計算法 *2

【参考】(引用文献：日本道路協会編 道路土工-のり面工・斜面安定工指針)

地震時の安定検討のうち最も簡便な方法として、円弧すべり面を仮定した震度法による安定計算法がある。なお、円弧すべり面の代わりに直線の複合すべり面を仮定した計算法もある。

地震時の安定計算法を以下に示す。平地部盛土で基礎地盤の液状化による盛土の安定検討の方法として、以下に示す方法の他、残留強度を用いる方法や弾塑性有限要素法による方法等についての研究が最近なされており、詳細検討等の必要に応じて用いることもできる。

中規模地震動対応の場合

円弧すべり面を仮定した震度法による安定計算法を用いる場合の地震時安全率の計算式として以下のようなものがある。

$$F_s = \frac{\sum [c \cdot l + \{ (W - u \cdot b) \cos \alpha - k_h \cdot W \cdot \sin \alpha \} \tan \phi]}{\sum (W \cdot \sin \alpha + \frac{h}{r} \cdot k_h \cdot W)} \quad (2)$$

ここに

F_s : 安全率

r : すべり円の半径(m)

c : 粘着力(kN/m^2 (tf/m^2))

l : 分割片で切られたすべり面の弧長(m)

W : 分割片の重量(kN/m (tf/m))

u : 間げき水圧(kN/m^2 (tf/m^2))

b : 分割片の幅(m)

α : 各分割片で切られたすべり面の中心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(無次元)

ϕ : せん断抵抗角(度)

h : 各分割片の重心とすべり円の中心との鉛直距離

$$F_s = \frac{\sum (\tau_f \cdot l)}{\sum (W \cdot \sin \alpha + \frac{h}{r} \cdot k_h \cdot W)} \quad (3)$$

ここに

τ_f : 全応力で表した土の動的強度(kN/m^2 (tf/m^2))

ここに、式(2)は(a)地盤の液状化が盛土の安定性を損なう可能性が高い場合、あるいは(b)山岳盛土で地下水の影響が少なく地震時の土の強度低下がないような場合に用いることができる。

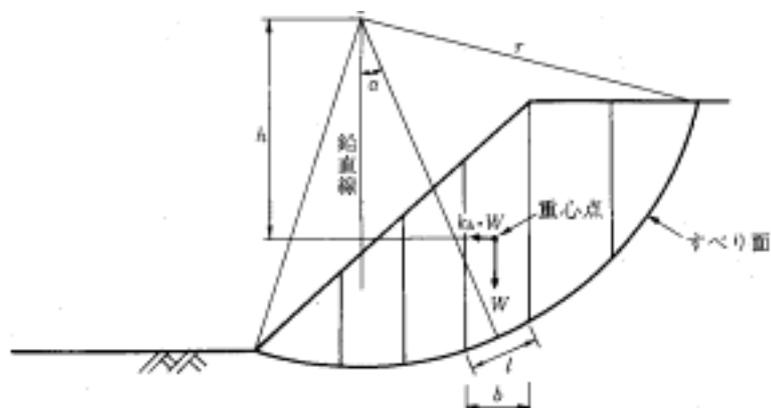


図 8-2 円弧すべり面を用いた地震時安定計算法 *2

(a)の場合には、地震動によって発生する過剰間げき水圧 u_e を設計震度より算定して与え、設計水平震度 $k_h=0$ として与える。また、(b)の場合には、 $u_e=0$ として、設計水平震度 k_h を作用させる。

つぎに、式(3)は上記(a),(b)の場合を含む、より一般的な場合に用いることができる。同式中の土の動的強度は繰返し三軸試験等により求めるが、破壊ひずみ基準としては5%程度が採用されることが多い。

地震時の盛土の設計においては最小安全率が1.0以上となるような断面とする。また、地震と豪雨が重なることは少ないので、地震時には豪雨による浸透水を考慮しなくてもよい。

大規模地震動対応の場合

この場合には地震時に盛土に発生する沈下や変形量を評価する手法を用いるのが望ましい。しかしながら、大規模地震時の盛土の沈下量や安定性を評価できる信頼性のある手法は現時点ではまだない。

ひとつの試案として、式(3)の式を用いる方法が考えられる。この場合、土の動的強度は破壊ひずみ基準として10ないし15%程度を設定して求める。

最小安全率及び浸透水の扱いは上と同じでよい。

なお、平地地盤上の盛土について動的強度を用いた安定計算を行うと、最小安全率を与えるすべり面が非現実的に大きなものとなることがある。この問題に対する明確な解決策は見出されていないが、便宜上、すべり面の範囲を水平方向には盛土のり尻から盛土高さの2倍程度以内に制限するのがよいと考えられる。

設計水平震度

設計水平震度は次式により求めることができる。

$$k_h = c_z \cdot k_{h0} \quad (4)$$

ここに、

k_h : 設計水平震度(小数点以下2けたに丸める)

k_{h0} : 設計水平震度の標準値で表7-1による

c_z : 地域別補正係数(図7-3)

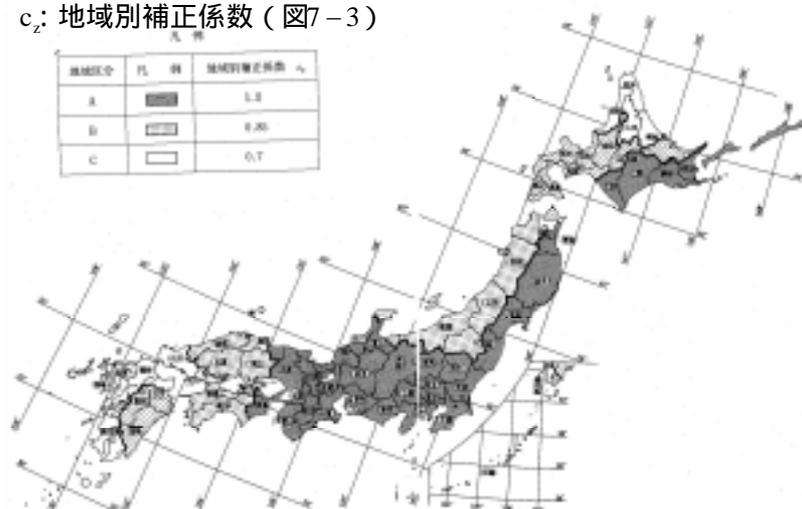


図 8-3 地域別補正係数^{*)2}

表 8-1 設計水平震度の標準値^{*2}

		地盤種別		
		I種	II種	III種
中規模地震動	過剰間げき水圧算定用	0.12	0.15	0.18
	慣性力用	0.08	0.10	0.12
大規模地震動	慣性力用	0.16	0.20	0.24

地盤種別

耐震設計上の地盤種別は、原則として地盤の特性値 T_G により区別し、表 8-2 によるものとする。

表 8-2 耐震設計上の地盤種別^{*2}

地盤種別	地盤の特性値 T_G (sec)
I種	$T_G < 0.2$
II種	$0.2 \leq T_G < 0.6$
III種	$0.6 \leq T_G$

地盤の特性値 T_G は、式(5)によって算出するものとする。

$$T_G = 4 \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_{si}} \quad (5)$$

ここに、

T_G : 地盤の特性値(sec)

H_i : i 番目の地層の厚さ(m)

V_{si} : i 番目の地層の平均せん断弾性波速度(m/sec)

値は式(6)によるものとする。

粘性土層の場合

$$\left. \begin{aligned} V_{si} &= 100N_i^{1/3} \quad (1 \leq N_i \leq 25) \\ \text{砂質土層の場合} \\ V_{si} &= 80N_i^{1/3} \quad (1 \leq N_i \leq 50) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

N_i : 標準貫入試験による i 番目の地層の平均 N 値

i : 当該地盤が地表面から基盤面まで n 層に区分されるとき、地表面から i 番目の地層の番号

ここでの基盤面とは、粘性土層の場合は N 値が 25 以上、砂質土層の場合は N 値が 50 以上の地層の上面、もしくはせん断弾性波速度が 300m/sec 程度以上の地層の上面をいう。

参考資料 - 9 . ガスの性状

1) ガスの性状とその影響

(1) メタンガス

メタンの爆発性

空気中にメタンが 4.8~14.5%あれば爆発現象を起こす。4.8%以下のときは爆発は起こらないが、火源があればこれに触れたメタンは燃焼する。また、14.5%以上の場合にも爆発は起こらずに燃焼するが、実際には気体の拡散によって空気との接触面には、必ず 14.5%以下の爆発しやすい濃度となる箇所があり、したがって、ここに火をつければ爆発する。

空気中の酸素や窒素の組成が変わったり、また、炭酸ガスなどの混入があったりすれば上記の爆発限界は変化する。波止・山田両博士は実験によって次のような結果を得ている。

炭素ガスについては波止氏は 24.5%、山田氏は 22.8%になれば、メタンの濃度にかかわらず爆発は起こらないとしている。窒素に対しては、山田氏は 81.69%になれば、どんな場合にも爆発は起こらないとし、波止氏は空気中の窒素の他に 35.5%の窒素が加われば、すなわち $(79+35.5)/135.5=84.5\%$ になれば爆発は起こらないとしている。酸素量との関係における爆発限界は、図 9-1 に示すとおりである。

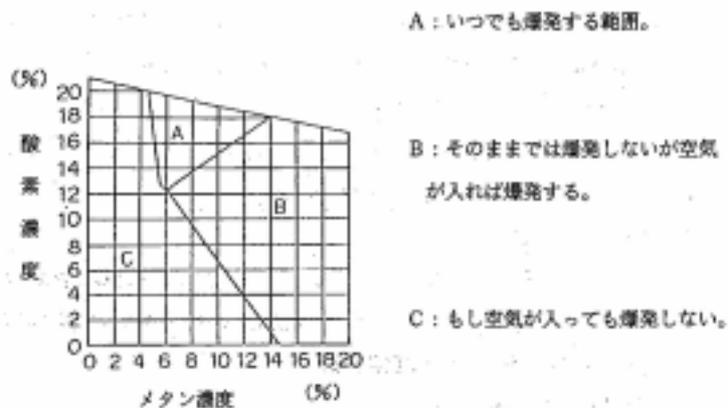


図 9-1 メタンガスの爆発限界 *4

大気圧の影響

気圧が急に下がる時は、地中からの流出量が急に増加する。ガス体の容積は圧力に逆比例して増加するから、今 760mmHg であって急に 730mmHg(973HP)の低気圧が襲来したときは地中のガス容積は $760/730=1.04$ となり、この増加した 4%の分が地層の間隙から押し出されてくる。メタンは水溶性であり、温度が低いほど、圧力が高いほど多量に溶け込む。したがって、気圧降下時には水分から余分のメタンが遊離されて出てくる。以上の現象は、いずれも気圧が下がる時に起こるものであるから、大気圧の変動に十分注意し、大気圧の降下が認められたときには一応警戒を厳重にすべきである。

メタンと人体

メタン自体は毒性をもっていないので、ある程度これを含んだ空気中でも呼吸にはさほど差し支えない。しかし、高濃度のメタンの中では酸素の不足により、

何の前兆もなく倒れて窒息する。

(2) 酸素

正常な空気の中には、20.95%(約 21%)の酸素が存在し、生物はこの酸素を利用して生命を維持している。何らかの原因により、空気中の酸素が 18%未満になった状態を酸素欠乏という。一般に人体が正常な機能を維持しうる空気中の酸素濃度の下限は 16%とされ、これより低下した場合は酸素欠乏症の症状があらわれ、死に至る危険がある。酸素欠乏症及び酸素濃度の関係は表 9-1 に示すとおりである。

表 9-1 酸素欠乏と人体反応 *4

21%	大気中の酸素量
19%	鉱山保安法による最低酸素量
18%	労働安全衛生規則・酸素欠乏症等防止規則による最低酸素量
16%	火が消える
15%	呼吸が深くなり、脈が増える
11%	呼吸困難はなはだしく、動作がにぶくなる
10%	顔色悪く、動けなくなり、呼吸困難
7%	呼吸はあえぎ、どうき激しく、顔面鉛青色となり、精神混乱する
6%	筋肉の反応がなくなり、知覚を失う
4%	以下40秒以内に前兆なしで突然卒倒する

(3) 二酸化炭素(炭酸ガス)

労働衛生上での許容濃度は 0.5%であり、空気中には約 0.03%(300ppm)存在する。二酸化炭素自体はあまり毒ではないが、一般に二酸化炭素が多い部分では酸素が欠乏していることが多いので危険である。

(4) 硫化水素

硫化水素は大気汚染防止法では特定物質として、また悪臭防止法では悪臭物質として指定されている。硫化水素の毒性には二つの型があり、一つは 700ppm 以下の濃度における刺激性及び腐食性である。もう一つの型は 700ppm 以上の濃度を吸入したときのもので、肺から体内に吸収された硫化水素の示す毒性作用により、数分間で失神、呼吸停止、致死が起こる。硫化水素の濃度と毒性は表 9-2 に示すとおりである。

表 9-2 硫化水素濃度と人体反応 *4

0.025ppm	敏感な人がにおいを感知できる
0.3ppm	だれでもにおいを感知できる
3~5ppm	においが強く、かなり不快である
20ppm	長時間働ける
20~30ppm	においは強いが、耐えられる。においへの慣れの現象ある
70~150ppm	長時間暴露で、目、鼻粘膜、喉などに灼熱感的疼痛が現れる
170~300ppm	1時間程度が耐えられる限界
400~700ppm	30~1時間暴露で生命の危険
700ppm以上	数分で失神、呼吸停止、致死

参考資料 - 10 . 雨水流出量の計算方法例

1) 雨水流出量の算定

(1) 雨水流出量

雨水流出量は、降水強度、集水面積、地形、地表(土地利用)の状態などによって異なるが、一般に次に示す合理式によって算定する。

$$Q = \frac{1}{360} f \cdot r \cdot A \quad (1)$$

ここに、

Q : 雨水流出量(m^3 / s)

r : 降水強度(到達時間内の平均降水強度)(mm / hr)

A : 集水面積(ha)

(2) 対象地域の把握・集水面積の設定

雨水集排水設備の対象流域は、他の開発行為と同様に開発予定地に雨水が集水される地域(分水嶺により区分される集水面積)を対象とする。

(3) 流出係数

流出係数 f は降水量に対する流出量の比率であり、計画地を含む流域の地形、地質、地表面などの状態によって異なる。ある流域の流出係数を算定するにあたっては、以下の式で土地利用形態ごとに求める。

$$f = \frac{f_1 A_1 + f_2 A_2 + f_3 A_3 + \dots + f_n A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}$$

$$= \frac{\sum f_i A_i}{\sum A_i} \quad (2)$$

ここに、

f : 加重平均して求められた流出係数(ピーク流出係数を使う)

f_i : 土地利用形態ごとの流出係数

A_i : 土地利用形態ごとの面積(ha)

流出係数は、表 10-1 に示す値を用いるが、土地の形質の変更に応じた流出係数を用いなければならない。参考となる流出係数の値を表 10-2 に示す。

表 10-1 物部によって提示されたピーク流出係数 *1

地形の状態	f_p
急しゅんな山地	0.75~0.90
三紀層山地	0.70~0.80
起伏のある土地及び樹林地	0.50~0.75
平らな耕地	0.45~0.60
灌漑中の水田	0.70~0.80
山地河川	0.75~0.85
平地小河川	0.45~0.75
流域のなかば以上が平地である大河川	0.50~0.75

表 10-2 工種別基礎流出係数標準値 *1

工種	流出係数
屋根	0.90
道路	0.85
その他の不浸透面	0.80
水面	1.00
間地	0.20
芝、樹木の多い公園	0.21
勾配の緩い山地	0.30
勾配の急な山地	0.50

(4) 降水強度

確率降水強度式及び確率降水強度曲線については、「改訂新版建設省河川砂防技術基準(案)同解説調査編」((社)日本河川協会,1997)に詳しく述べられている。また、各都道府県なので採用されているものは当該都道府県の「森林法に基づく林地開発許可申請の手引」、「開発許可申請の手引」などに示されている。

2) 水路断面の決定

(1) 排水能力

排水能力は下式で示される。

$$q=SV \quad (3)$$

ここに、

q : 排出流量 (m³/s)

S : 流水断面積 (m²)

V : 平均流速 (m/s)

(2) 平均流速

平均流速は多くの方法で求めることができるが、代表的な計算方法としては次に示す Manning 公式がある。

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad (4)$$

ここに、

V : 平均流速 (m/s)

I : 水路勾配

R : 径深 (m) = S / P

S : 流水断面積 (m²)

P : 潤辺長 (m) (水路断面の水に触れる壁の長さ)

n : 粗度係数 (水路の形式、水路材料、潤辺の性格によって値が異なる)

1) 粘性土の圧密沈下量の計算

土柱が圧力を受けて断面積一定のまま高さ方向に圧縮(圧密)された場合、土粒子は非圧縮性と考えられるから、体積変化は間隙体積の減少に起因していることになる。ある土柱の初期高さを h_0 、土が受けている荷重 p_1 の下における間隙比を e_n とし、荷重が p_2 まで増加させられた時、 S だけ圧縮されて間隙比が e になったとすると、沈下量 S を間隙比 e の変化によって表現すれば、

$$S = \frac{e_n - e}{1 + e_n} h_0 \quad (1)$$

となる。したがって圧縮(圧密)前後の間隙比の変化がわかれば、沈下量を計算できることになる。廃止された廃棄物埋立地において、遮水工が設置されている場合はボーリング等による廃棄物埋立地の底部地盤の間隙比の調査は困難であることから、廃棄物埋立地設置当初の初期間隙比を把握しておき、底部地盤の沈下量等から廃止時点での間隙比を推定する手法等を用いることも必要となる。

なお、(1)式は一次圧密に関する式であり、長期的にはコロイド科学的な現象によめ二次圧密が生じる。二次圧密は、鉱物性や無機質の土においては通常無視することができるが、有機質の場合は留意しなければならない。

2) 砂質土の圧縮沈下量の計算

外部荷重の増加により砂質土に内部応力が発生した場合、鉛直ひずみ増分 と沈下量 S は対象層厚を H_0 とすると次式で推定できる。

$$\Delta \varepsilon_1 = \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{E(1-\nu)} \cdot \Delta \sigma \quad (2)$$

$$S = H_0 \cdot \Delta \varepsilon_1$$

ここに、

ν : 砂質土のポアソン比

E : 砂質土の弾性係数

$\Delta \sigma$: 増加応力

3) 廃棄物の沈下量の計算

廃棄物の沈下は、圧縮、圧密、分解等によって生じる。焼却残渣のように密度高く埋め立てられる廃棄物は、ほとんど沈下が生じないが、プラスチック等の弾性物や有機分を多く含む場合は、沈下が無視できない量となるので留意する必要がある。

廃棄物の沈下量を求める計算式は、埋立廃棄物の種類が雑多であること等から、次に示すように、いくつかの式が提案されている。

東京都が用いた沈下予測式：最終沈下量の推定⁷⁾

$$S_f = \frac{C_c}{1 + e_0} \cdot H_0 \cdot \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0} \quad (3)$$

ここに、

S_f : 最終沈下量 H_0 : 廃棄物層の初期層厚
 C_e : 圧縮指数 P_0 : 初期有効応力
 e_0 : 初期間隙比 ΔP : 増加有効応力

Sowers による予測式：沈下量は埋立処分後 2 ~ 3 ヶ月間に起きる最初の沈下と、その後起きる二次圧密的沈下を加えた式⁷⁾

$$S = \frac{H_0}{1 + e_0} \left(C_c \cdot \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0} + \alpha \cdot \log \frac{t_2}{t_1} \right) \quad (4)$$

ここに、

S : 沈下量 t_1 : 一次圧密に要する時間
 α : 二次圧密の間隙減少率 t_2 : 沈下を考える時点までの時間

東京都の体積換算係数を用いて算出する予測式⁷⁾

$$S = \left(1 - \frac{K(t)}{K_0} \right) H_0 \quad (5)$$

ここに、

$K(t)$: 任意時点の体積換算係数 $K(t) = V(t) / M_0$
 $V(t)$: 任意時点のごみの体積 M_0 : 廃棄物埋立重量(一定)
 K_0 : 埋立当初の体積換算係数

腐食沈下を考慮した沈下予測式：廃棄物種別と腐食分解度との関係を用いて予測する手法⁷⁾

最終沈下量 S_f は廃棄物層中に含まれる分解可能物の混入割合に等しいとする(例えば廃棄物層厚 1m 中に 10%の分解可能物が含まれている場合は $S_f = 10\text{cm}$)

水面上の嫌気性埋立におけるセルロース系(紙類)とリグニン系(焼却灰中の可分解物)の分解速度は次式で示されている。

$$\text{セルロース系} \quad C_s = 8.34t^{0.56} \quad (6)$$

$$\text{リグニン系} \quad C_R = 3.24t^{0.74} \quad (7)$$

ここに、

C_s, C_R : 腐食分解度(%)
 t : 時間(月)

水面下の嫌気性埋立における分解速度は水面上の 1/10 であるとして次式で示されている。

$$\text{セルロース系} \quad C_s = 2.30t^{0.56} \quad (8)$$

$$\text{リグニン系} \quad C_R = 0.65t^{0.74} \quad (9)$$

Rao 等による沈下の推定式：室内実験と現場実験との資料に基づいて提案した予測式⁷⁾

$$S = \frac{C_{SE}}{1 + e_0} \cdot H_0 \cdot \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0} \quad (10)$$

ここに、

C_{SE} : 沈下係数

東京都の沈下予測式：即時沈下にその後の長期沈下を加えた式⁸⁾

$$S = M_V \cdot \Delta P \cdot H_0 + \frac{C_\alpha}{1 + e_0} \cdot H_0 \cdot \log t / t_0 \quad (11)$$

ここに、

t : 沈下を考える時点までの時間

M_V : 体積圧縮係数

t_0 : 建設期間

C_α : 二次圧密係数

大阪市の沈下予測式：圧密・圧縮及び分解沈下を考慮した予測式⁹⁾

・圧縮及び圧密沈下

廃棄物層の空中部で圧縮沈下、水中部で圧縮沈下が生じるものとする。

圧密による最終沈下量

$$S_f = \frac{e_0 - e_f}{1 + e_0} \cdot H_0 \quad (12)$$

沈下家庭の圧密方程式

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{C_V}{M_V} \frac{\partial M_V (\partial u / \partial Z)}{\partial Z} \quad (13)$$

ここに、

e_0 : 初期含水比

e_f : 圧密終了時の間隙比

u : 過剰間隙水圧

t : 時間

C_V : 圧密係数

Z : 深さ

なお、(13)式は差分化し、圧縮沈下は圧密沈下計算で求めた最終沈下量が即時に生じるものとする。

・分解沈下

既述した(8)式及び下記の(14)(15)式を採用。

$$S_f = \sum_{i=1}^n S_{fi} = L \sum_{i=1}^n P_{Oi} \quad (14)$$

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{C_{Si}}{100} \cdot S_{fi} \quad (15)$$

ここに、

S_f : 盛立て時点からの全層の最終分解沈下量

S_{fi} : 盛立て時点からの各層の最終分解沈下量

P_{Oi} : 盛立て時点における各層の紙類の体積含有量

L : 各層厚

C_{Si} : 各層の腐食分解度(%)

4) 遮水シートの安全性検証方法例

(1) 遮水シート応力の計算

基盤の沈下に伴い遮水シートは、シート全体ではなく局部的に大きな変形が生ずると考えるべきであり、弾性モデルを用いて遮水シートに発生する応力度をチェックしておくことが望ましい。

弾性モデルでは、遮水シートの応力度は弾性範囲内であれば次式で求められる。

$$\sigma_t = \left\{ \frac{2 \times s \times E \cdot (\mu_l + \mu_u) \times \sigma_n}{t^{1/2}} \right\} \quad (3)$$

ここに、 s : 伸び量 (m)
 E : シートの弾性係数 (N/m²)
 μ_l : 下面の土と遮水シートの間摩擦係数
 μ_u : 上面の土と遮水シートの間摩擦係数
 σ_n : 遮水シートに作用する鉛直応力 (N/m²)
 t : 遮水シートの厚さ (m)
 σ_t : 遮水シートに発生する引張応力 (N/m²)

遮水シートの伸び量は、のり尻部と遮水シート中央部間の沈下形状を三角形、円弧及び放物線等で近似して求めるとよい。

また、遮水シートに発生する応力は、のり尻部が鉛直荷重による固定点と考え、底盤中央部において遮水シートを引っ張ると仮定した弾性モデルを用いて求める。

【参考文献】

- *1 社団法人全国都市清掃会議 「廃棄物最終処分場整備の計画・設計要領」2001
- *2 日本道路協会「道路土工のり面工・斜面安定工指針」2002
- *3 悪臭法令研究会「ハンドブック悪臭防止法」1996
- *4 八千代エンジニアリング株式会社「江東清掃工場建設用地に係わるガス対策等の調査報告書」1993
- *5 最終処分場技術システム研究協会「不適正処分場の再生・閉鎖における構造物の改修法-汚染拡散防止手法編-」2001
- *6 日本河川協会「河川砂防技術基準(案)」1997
- *7 土木学会「昭和55年度、広域最終処分場計画調査・環境保全計画調査報告書」1981
- *8 清水他「東京港におけるごみ埋立地盤の土質工学的研究(その6)」1987
- *9 波多野他「海面埋立廃棄物処分場の地盤特性-沈下を主として-」1991

