

札幌市大規模盛土造成地変動予測調査のための
地盤調査マニュアル

令和3年3月

札幌市 都市局 市街地整備部

目 次

	ページ
1. 地盤調査マニュアル作成の目的.....	1
2. 本市の大規模盛土造成地.....	1
3. 第二次スクリーニング計画の作成.....	2
3-1 第二次スクリーニング計画作成の位置付け.....	2
3-2 令和元年度までの大規模盛土造成地に関連する業務で得られた知見.....	3
3-3 宅地カルテ.....	15
3-4 第二次スクリーニングの優先度評価フロー（暫定）.....	16
3-5 令和2年度の大規模盛土造成地変動予測調査業務で得られた知見.....	19
4. 地盤調査作業マニュアルと留意事項.....	25
4-1 地盤調査及び簡易安定性評価フロー.....	25
4-2 現地調査.....	25
4-3 各種作業許可申請手続き.....	32
4-4 地下埋設物の確認.....	33
4-5 運搬・仮設.....	33
4-6 機械ボーリング.....	34
4-7 標準貫入試験.....	36
4-8 試料採取.....	39
4-9 サウンディング調査.....	42
4-10 室内土質試験.....	47
4-11 地下水位観測孔の設置と地下水位観測.....	50
4-12 SWS 試験, PDC 貫入試験孔での水位観測.....	52
4-13 総合解析とりまとめ.....	54
5. 液状化判定.....	55
6. 安定計算による簡易安定性評価.....	59
7. 宅地カルテの修正.....	68
8. 第二次スクリーニング実施の必要性の判断.....	71
9. 次年度への課題.....	71

添付資料

資料-1 大規模盛土造成地マップ

資料-2 宅地カルテ（代表例）

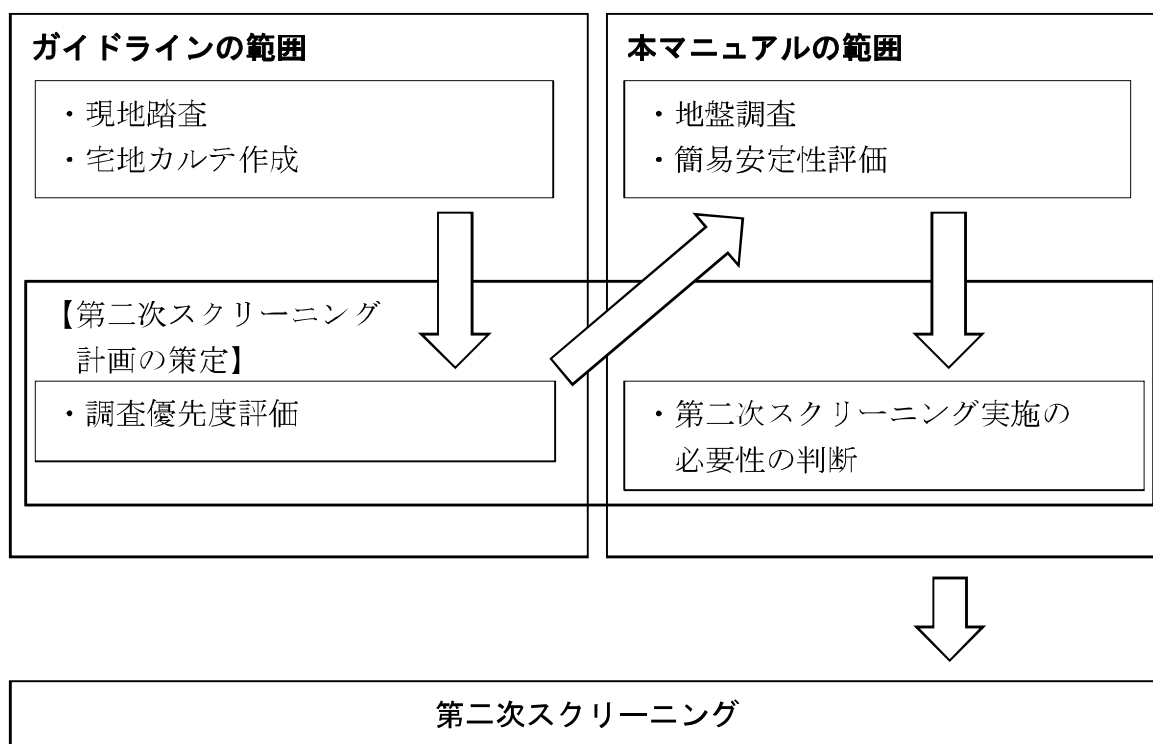
1. マニュアル作成の目的

本市では、183 箇所の大規模盛土造成地が抽出されている。今後は抽出された大規模盛土造成地について第二次スクリーニング（滑動崩落のおそれがある大規模盛土造成地の抽出）を計画的に進めるため、第二次スクリーニング計画を作成する必要がある。

本マニュアルは、国土交通省の「大規模盛土造成地の滑動崩落対策推進ガイドライン及び同解説 1 編 変動予測調査編」（以下、「ガイドライン」という。）を基に、予備調査により得られた知見と「札幌市大規模盛土造成地有識者協議」での意見等を踏まえ、第二次スクリーニング計画作成段階における「簡易安定性評価」及び「同評価手法に必要な地盤調査」について統一的な調査を実施するため、また、地盤調査により得られた札幌市特有の地盤及び土質などの知見を共有するために作成したものである。なお、本マニュアルは「社会資本整備総合交付金事業 令和 2 年度 大規模盛土造成地変動予測調査業務（その 1）」で作成した。

～第二次スクリーニング計画作成の流れ～

第二次スクリーニング計画



2. 本市の大規模盛土造成地

本市の大規模盛土造成地は全 183 箇所が抽出されているが、枝沢を含めると全 373 箇所の大規模盛土造成地が存在する。このうち、谷埋め型盛土は 170 箇所、腹付け型盛土は 13 箇所である。

大規模盛土造成地マップは、巻末の添付資料に示すとおりである

3. 第二次スクリーニング計画の作成

3-1 第二次スクリーニング計画作成の位置付け

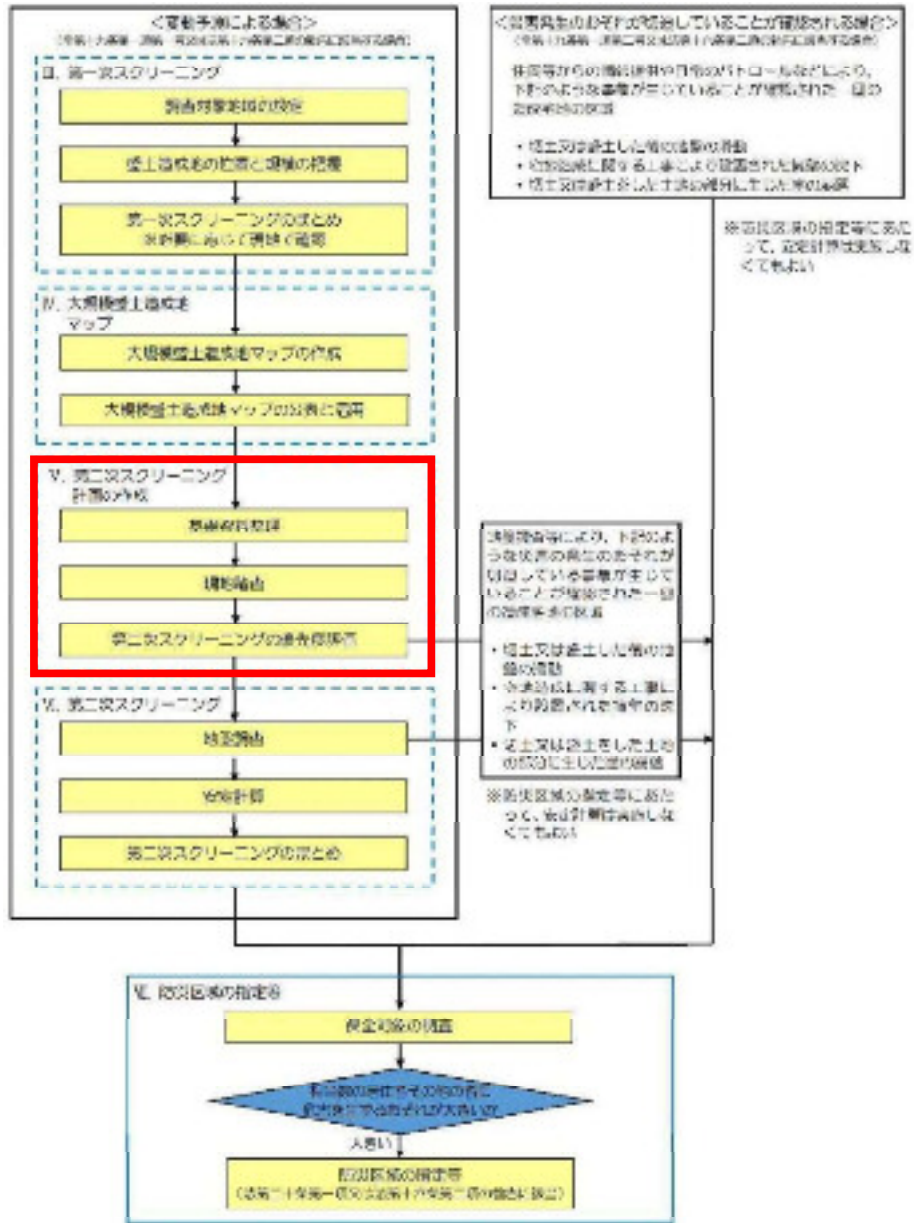


図 3-1-1 大規模盛土造成地の変動予測調査等の流れ¹⁾と第二次スクリーニング計画の位置付け

※【出典文献】

1) 国土交通省：大規模盛土造成地の滑動崩落対策推進ガイドライン及び同解説，I編 変動予測調査編，p.1-16，平成27年5月。

3-4 第二次スクリーニングの優先度評価フロー(暫定)

第二次スクリーニングの優先度評価については、国のガイドラインを基にして、札幌市の特徴を考慮した札幌市独自の優先度評価フローを策定している。

第二次スクリーニングの優先度評価におけるガイドラインと札幌市版の比較を表 3-4-1 に、札幌市の特徴を考慮した優先度評価フロー(暫定)を図 3-4-2 にそれぞれ示す。

(1) 札幌市の大規模盛土造成地の特徴

- 1) 北海道胆振東部地震(清田区で震度 5 強)において、支笏火山灰(砂質土)からなる緩い盛土(N 値 ≤ 10)で液状化が発生し、清田区里塚地区では滑動崩落が発生した。
- 2) 清田区清田岡地地区や美しが丘地区では、1968 年十勝沖地震(Mj7.9, 札幌市の震度 4)と 2003 年十勝沖地震(Mj8.0, 札幌市の震度 4)で宅地被害が発生した箇所で、2018 年北海道胆振東部地震(Mj6.7, 札幌市清田区の震度 5 強)でも大規模盛土造成地で再度被害が発生した。
- 3) 既存ボーリング資料では造成年代による土質(N 値)や地下水位の差異は特に認められず、北海道胆振東部地震では、昭和 54 年(1979 年)から平成 16 年(2004 年)に造成された比較的新しい年代の大規模盛土造成地でもまとまった建物被害が発生した。
- 4) 大規模盛土造成地の谷筋にあたる箇所の既存ボーリングでは、造成年代に関係なく N 値 2 以下を示す非常に緩い盛土が多く確認されており、宅地・建物被害はこのような N 値が小さい緩い盛土箇所で甚大な被害が集中して発生している。

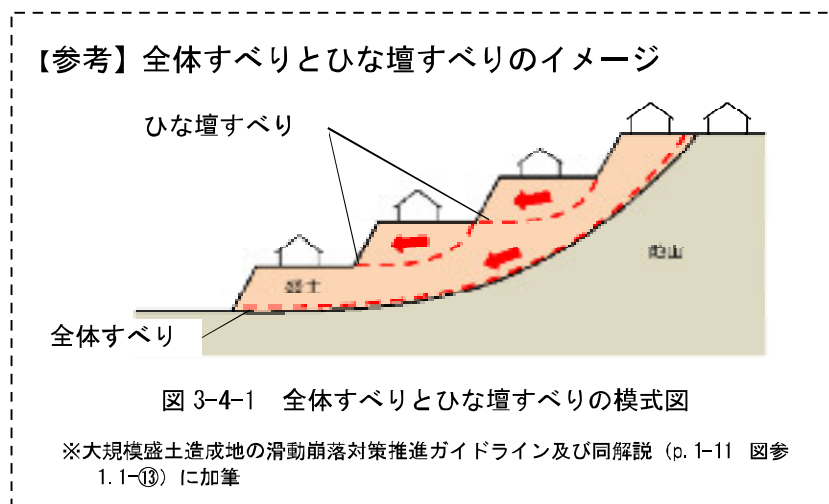
(2) 札幌市の特徴を考慮した優先度評価の考え方

- 1) 大規模盛土造成地に滑動崩落が発生し災害発生(二次被害)の恐れが切迫している場合(法第 16 条第 2 項の勧告に相当する場合)は、最優先とし、ランク「S1」とする。
- 2) 再度災害が確認された場合は、次の大地震でも再度災害の可能性が高いと判断されることからランク「S2」とする。
- 3) 北海道胆振東部地震で被害が集中した箇所で、緊急で現地踏査(公共施設及び宅地の変状調査)と地盤調査を実施し、大規模盛土滑動崩落防止事業の適用可能性があると判断された場合はランク「S3」とする。ここに、被害集中とは、全壊・大規模半壊・半壊家屋が盛土範囲に 5 棟以上確認された場合を示す。
- 4) 上記(1)～(3)以外で、今回の地震でまとまった建物被害が確認された箇所、あるいは、現地踏査により盛土末端部が標準的な形状と構造に該当せず、盛土末端部に変状や地下水が確認された場合は全体すべりの危険性が考えられることからランク「A1～A3」とする。
- 5) 盛土末端部が標準的な形状と構造であっても盛土末端部に変状や地下水が確認された場合はランク「A3～A5」とする。
- 6) 上記以外は、現地踏査により盛土末端部において危険要因^{*}は何も確認されず、大規模盛土造成地の全体すべりの危険性が低いと判断されることからランク「B1～B2」とする。

7) 既存地盤調査資料では造成年代による土質（N値）や地下水位に有意な差異が認められないことから、造成年代は優先度評価項目から除外する。

表 3-4-1 第二次スクリーニングの優先度評価におけるガイドラインと札幌市版の比較

国のガイドライン		札幌市の特徴を反映した優先度評価	
ランク A	盛土内に危険要因*が確認されたもの	ランク S (優先度高)	大規模盛土造成地に滑動崩落が発生し災害発生（二次被害）の恐れが切迫しているもの。 また、再度災害が発生した箇所、あるいは今回の地震でまとまった被害が確認された箇所で、今後再度災害発生の危険性が高いと判断され、滑動崩落防止事業の適用可能性があるもの
		ランク A (優先度中)	今回の地震でまとまった被害が確認された箇所で、今後再度災害発生の危険性が高いと判断されるもの。 また、大規模盛土造成地の末端部に危険要因が確認され、全体すべりの危険性があると判断されるもの
ランク B	盛土内に危険要因*が確認されなかったもの	ランク B (優先度低)	大規模盛土造成地の末端部において、擁壁・のり面の形状と構造が標準的（現行基準に適合）であり、変状等の危険要因も確認されないことから、全体すべりの危険性が低いと判断されるもの



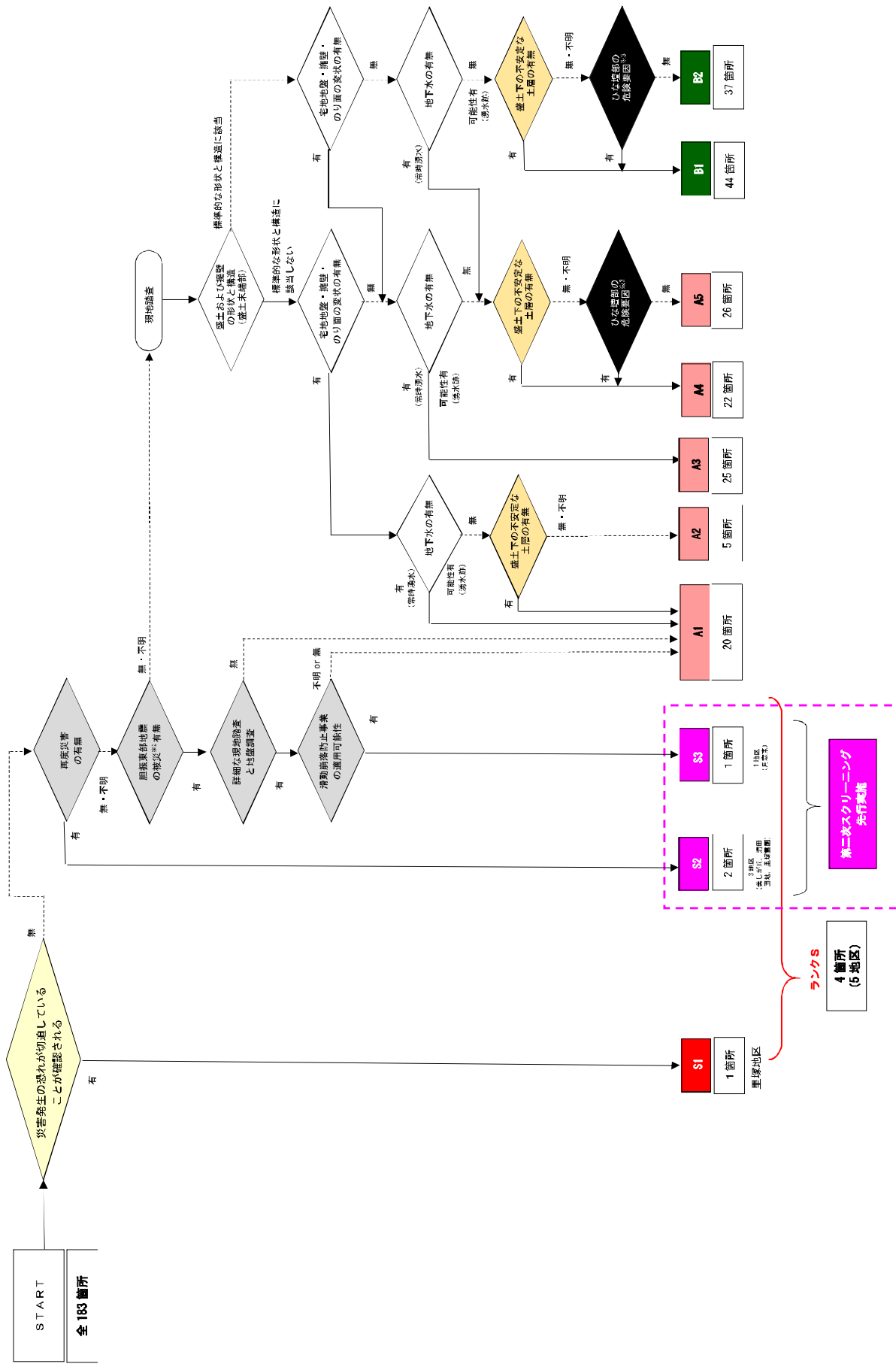


図 3-4-2 札幌市の特徴を考慮した優先度評価フロー（暫定）

3-5 令和2年度の大規模盛土造成地変動予測調査業務で得られた知見

(1) 予備調査内容

本地盤調査マニュアル作成のため、「社会資本整備総合交付金事業 令和2年度 大規模盛土造成地変動予測調査業務（その1~4）」では、前述3-2令和元年度までの大規模盛土変動予測調査に関連する業務で得られた知見を踏まえ、予備調査として下記に示す地盤調査・試験等を実施し、本マニュアルにおける地盤調査方法および簡易安定性評価手法を策定した。

- ① 機械ボーリング調査
- ② 標準貫入試験
- ③ 試料採取
 - 1) ボーリング孔を利用した乱れの少ない試料採取
 - 2) ボーリングによらない試料採取
- ④ (4) 地下水位観測孔設置と地下水位観測
- ⑤ (5) サウンディング調査
 - 1) スクリューウェイト貫入試験 (SWS)
(※スウェーデン式サウンディング試験)
 - 2) オートマチックラムサウンディング試験 (ARS)
 - 3) 液状化ポテンシャルサウンディング試験 (PDC)
- ⑥ 室内土質試験
 - 1) 土粒子の密度試験
 - 2) 上の含水比試験
 - 3) 上の粒度試験
 - 4) 土の液性限界試験
 - 5) 土の塑性限界試験
 - 6) 土の湿潤密度試験
 - 7) 上の圧密非排水 (CU バー) 試験
 - 8) 上の繰返し非排水三軸試験
 - 9) 突出めによる土の締固め試験

上記で示した各地盤調査項目について、選定した理由を以下に示す。

① 機械ボーリング調査

機械ボーリングは、土を直接採取し、盛土地盤とその支持地盤の性状を把握する目的で行う。また、標準貫入試験のための試験孔の作成や、盛土のせん断強度や液状化強度等を室内土質試験で把握するためのサンプリング（乱れの少ない試料採取）、および地下水位の分布状況等を把握するための地下水位観測孔設置等の目的で行う。

② 標準貫入試験

標準貫入試験は、同試験で得られる N 値を用いて、下記の目的で実施する。

- 盛土や地山の砂質土の締まり程度（砂質土）や軟らかさの程度（粘性土）の把握
- 特に N 値 \leq 2 の弱層部の存在の有無の把握
- N 値を用いた各種計算（液状化判定、せん断強度定数の推定ほか）
- N 値とスクリーウエイト貫入試験による換算 N 値、PDC（液状化ポテンシャルサウンディング）の換算 N 値を比較し、サウンディングの適用性を検討する
- その他（地層区分の日安ほか）

③ 試料採取

1) ボーリング孔を利用した乱れの少ない試料採取

本試料採取は、大規模盛土造成地の地震時安定計算で必要となる地盤定数や液状化強度等を把握する目的で、ボーリング孔を利用してトリプルサンプラー等を用いて乱れの少ない試料を採取する。

2) ボーリングによらない試料採取

本試料採取は、調査対象盛土造成地の締固め度を把握するための突固めによる土の締固め試験等を行う目的で採取する。同試料採取はボーリングを実施した大規模盛土造成地を対象として、ミニバックホウおよび人力により造成当時の盛土が確認される面まで掘削してから採取を行う。

④ 地下水位観測孔設置と地下水位観測

調査対象盛土における地震時安定計算に用いる地下水位を把握する目的で、地下水位観測孔を設置し、地下水位を観測する。地下水位観測期間は原則 1 年間以上とし、豊水期（豪雨期や雪解け期等）における地下水位の変動を把握する。

⑤ サウンディング調査

1) スクリーウエイト（SWS）貫入試験

スクリーウエイト貫入試験は、最大 1KN（約 100kg）の重りを載せたロッド（鉄の棒）を地盤に垂直に突き刺し、その沈み方から地盤の硬軟や締まり具合を調査するものである。この方法で、盛土内の弱層部（N 値 \leq 2 相当）の有無の把握や、標準貫入試験の N 値を推定することも可能である。

スクリーウエイト貫入試験は、一般戸建て住宅を建設する際に、最もよく活用されている地盤調査手法であり、地盤調査手法の中では最も安価な手法の 1 つでもある。試験適正深度は 10~15m までであるが、札幌市の盛土は概ね 10~15m 程度以浅であるため、盛土内の弱層部の有無の把握を目的とするのであれば、安価で且つ、小スペースでも実施できるメリットがある。ただし、礫が多く混入する場合は適用できない、また孔壁が崩壊し水位観測ができない場合があるという欠点がある。

2) オートマチックラムサウンディング試験

オートマチックラムサウンディング試験は、質量 63.5kg ハンマーを高さ 500mm から落下させることで地盤に貫入し、貫入量 200mm 毎の打撃回数を測定することによって、地盤の硬軟や締まり具合を調査するものである。この方法で、盛土内の弱層部（N 値 \leq 2 相当）の有無の把握や、標準貫入試験の N 値を推定することも可能である。

試験適正深度は 20m であり、ボーリング調査と同等の深度までの試験が可能である。また、スクリーウェイト貫入試験よりスペースを確保する必要があるが、ボーリング調査よりも小スペースで実施でき、調査期間に関しても 1 箇所半日程度で実施できるため、比較的精度良くかつ短時間での実施が可能というメリットがある。

3) 液状化ポテンシャルサウンディング（PDC）試験

液状化ポテンシャルサウンディング（PDC）試験は、地盤の間隙水圧を動的貫入試験によって測定することで、原位置試験のみで地盤の液状化強度の評価を可能とした地盤調査技術である。この方法で、盛土内の弱層部（N 値 \leq 2 相当）の有無の把握や、標準貫入試験の N 値の推定に加えて、地下水位以下の盛土の簡易液状化判定が可能である。ただし、同試験装置は、上記 2) のオートマチックラムサウンディング試験装置と同じものを使用するが、間隙水圧を測定するセンサーが衝撃に弱いため、礫が多く混入する場合は適用できない欠点がある。

⑥ 室内土質試験

室内土質試験は、盛土および盛土支持地盤の土質性状（物理的性質）や、安定計算のためのせん断強度定数（ C_{cu} , ϕ_{cu} ）、盛土地盤の液状化強度、盛土の締固め度の把握等を目的として実施する。各土質試験の項目と規格は以下に示すとおりである。

1) 物理試験（土の物理的性質の把握）

- ① 土粒子の密度試験；JIS A 1202
- ② 土の含水比試験；JIS A 1203
- ③ 土の粒度試験（ふるい+沈降分析）；JIS A 1204
- ④ 土の液性限界試験；JIS A 1205
- ⑤ 土の塑性限界試験；JIS A 1205
- ⑥ 土の湿潤密度試験；JIS A 1225

2) 変形・強度試験（せん断強度定数、液状化強度の把握）

- ① 土の圧密非排水（CU バー）三軸圧縮試験；JGS 0523
- ② 土の繰返し非排水三軸試験；JGS 0541

3) 安定化試験（盛土の締固め度の把握）

- ① 突き固めによる土の締固め試験；JIS A 1210

(2) 予備調査位置

第二次スクリーニング実施の優先度評価の妥当性を確認するため、前述の「3-4 第二次スクリーニングの優先度評価」で分類された盛土で地盤調査と簡易安定性評価を行った。

ボーリング位置は、できるだけ精度の高い解析断面図を作成できるように、基本的に沢筋(谷底ライン)上で盛土末端部と盛土中腹部の2箇所以上を選定した。ただし、盛土が複数に分岐したり長大盛土の場合、および建物被害等が集中して発生した場所等が存在する場合は、適宜、ボーリングを配置した。

なお、北海道胆振東部地震における札幌市の宅地被害は、暗渠等の地中埋設物箇所の直上付近で弱層部(N 値 ≤ 2)が形成され大きな被害が確認されていることから、ボーリング位置はできるだけ暗渠等の地中埋設物箇所の直上で実施した。

表 3-5-1 に、大規模盛土造成地における行政区の優先度ランク別箇所数を示す。

表 3-5-1 大規模盛土造成地における行政区の優先度ランク別箇所数 【箇所】

行政区 優先度ランク	清田区	豊平区	厚別区	中央区	南区	西区	手稲区	計
S 1	1	0	0	0	0	0	0	1
S 2	2	0	0	0	0	0	0	2
S 3	0	1	0	0	0	0	0	1
A 1	10	3	0	0	7	0	0	20
A 2	0	2	0	0	3	0	0	5
A 3	4	4	8	0	5	2	2	25
A 4	7	3	4	1	6	0	1	22
A 5	5	6	6	2	6	0	1	26
B 1	7	15	12	2	7	1	0	44
B 2	11	8	5	0	12	0	1	37
全体	47	42	35	5	46	3	5	183

※ 北区, 東区, 白石区については、大規模盛土造成地該当箇所は確認されていない。

(3) 予備調査で得られた知見

<予見通りであったこと>

イ) ボーリング調査 (標準貫入試験)

- 旧地形・現地形の差分図から想定した盛土厚さに相当する深度で、旧表土と思われる有機質土、腐植土層を確認した。(盛土境界と判定)
- 胆振東部地震にて被害が発生していない、もしくは小規模な被害のみの盛土造成地での調査では、N 値 ≤ 2 の弱層部は比較的少なく、本調査における盛土の平均 N 値は 6 であった。

ロ) 液状化ポテンシャルサウンディング (PDC) 試験

- 動的試験である PDC はスウェーデン式サウンディング試験と比較し、最大で 5.60m ほど深い深度まで試験が可能であった。
- PDC 解析結果の換算 N 値 (N_a 値) と N 値の深度ごとの推移は比較的類似していた
- 礫の混入量によっては、想定される盛土厚さ分の試験を完了できない場合があった。

ハ) スウェーデン式サウンディング試験サウンディング (SWS) 試験

(※2020年10月26日付で JIS A 1221 スクリューウェイト貫入試験に改定)

- 礫の混入量によっては、想定される盛土厚さ分の試験を完了できない場合があった。
- N 値 ≤ 2 と同等と換算される自沈層 (1kN で自沈) の深度分布は、ボーリング調査よりもより細かく把握ができた。

<予見と反したこと、新たにわかったこと>

イ) ボーリング調査 (標準貫入試験)

- 札幌市内の大規模盛土造成地は、基本的に支笏火砕流堆積物を主体とする盛土材と想定していたが、手稲区や厚別区東側では火山灰を主体とする盛土ではなかった。
- 火山灰を主体とする盛土のなかでも、コンクリート片や礫を多量に含む盛土が確認された。
- 盛土内に地下水位が確認されたのは、ボーリング調査 14 箇所中 9 箇所であり、残りの 5 箇所については盛土内に水位が確認されなかった。
- 特に南区での調査では水位が GL-10.00m 以深に確認され、南-38 については、ボーリング掘進深度 (GL-15m) において、地下水位が確認されなかった。

ロ) 液状化ポテンシャルサウンディング (PDC) 試験

- 礫当たりとなった場合、連続して貫入をおこなうと、先端のセンサーが損傷しやすい。
 - 火山灰地盤での実績事例が少なく、換算 N 値 (Nd 値) や細粒分含有率に関しては、ボーリング調査や土質試験結果との関係性を確認する必要がある。
- ハ) スウェーデン式サウンディング試験サウンディング (SWS) 試験
- 水位の観測に関しては、孔壁が自立する箇所があり (14 箇所中 9 箇所で自立) 調査時の地下水位の観測が可能であった。
 - ただし、地下水位が GL-3m 程度よりも深い場合は、地下水位観測保護管 (塩ビ管) 挿入時に保護管内に土が詰まることが確認された。

4. 地盤調査作業マニュアルと留意事項

4-1 地盤調査および簡易安定性評価フロー

第二次スクリーニング実施の必要性判断のための地盤調査および簡易安定性評価は優先度ランクに応じて、下記のフローのとおり実施する。

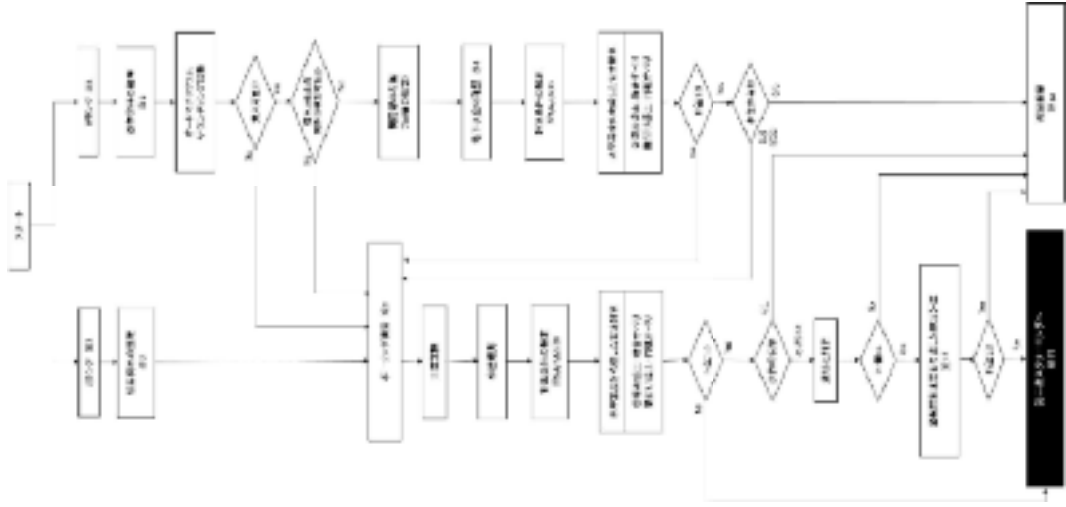


図 4-1-1 地盤調査および安定性評価フロー

- ※1 優先度評価が A ランクに分類された盛上については、滑動崩落の危険度を詳細に把握するためボーリング調査を行う。また、優先度評価が B ランクについては、安価で簡易的なオートマチックラムサウンディング試験を用いて弱層部の有無を把握するとともに、換算値等を用いて滑動崩落の危険度を推定する。
- ※2 既存資料より暗渠工が確認されたときには、暗渠工位置で地盤調査を実施する。
- ※3 ボーリング調査を実施し、弱層部 (N 値 2 以下)・地下水位・土質等について確認する。
- ※4 オートマチックラムサウンディング試験時に、サウンディング試験孔を利用して地下水位を確認する。
- ※5 安定計算に用いる地下水位は、水位変動を考慮して観測最高水位 (融雪時の水位) を設定する。サウンディング孔の地下水位を安定計算に用いる際には、今年度の調査結果を踏まえて別途設定する。
- ※6 上載荷重は、戸建て住宅が並ぶ一般的な宅地を想定した分布荷重 (10kN/m²) を宅地および道路部に載荷する。ただし、明らかな法面は上載荷重を除く。
- ※7 設計震度については今後の協議事項とする (現段階では、kh=0.225, kh=0.278 とする)。
- ※8 安定計算に用いる土質定数の設定では、盛土材が支笏火砕流堆積物によるものか、それ以外かによって設定方法を選別する。
- ※9 盛土材が支笏火砕流堆積物のときは、盛土のせん断強度定数 (c, φ) は、c=0kN/m², φ=30°を基本とし、盛上の N 値が 2 以下の弱層部を確認した場合には、c=0 kN/m², φ=25°として安定計算を行う。
- ※10 盛土材が支笏火砕流堆積物以外のときは、三軸圧縮試験 (圧密非排水条件) で得られた値 (ccu, φ cu) を用いて安定計算を行う。
- ※11 サウンディング試験を実施した盛土では、近隣地区の土質試験結果を参考にして、盛土のせん断強度定数を設定するほか、盛土材が支笏火砕流堆積物のときは、盛土のせん断強度定数は c=0 kN/m², φ=30°を基本とし、盛上の N_i 値が 2 以下の弱層部を確認した場合には、盛土のせん断強度定数は c=0 kN/m², φ=25°を設定する。
- ※12 盛土内に 0L-3m 以浅の地下水が確認された場合は、液状化判定を行う。
- ※13 過剰間隙水圧を考慮した安定計算は、谷埋め盛土であっても円弧すべりで安定性を確認する。
- ※14 安定計算により安定性が確認できなかった場合は経過観察とする。
- ※15 安定性の確認ができない盛上は第二次スクリーニングへと進み、詳細な調査 (ボーリング調査、測量、表面波探査、土質試験など) を実施し、詳細なモデルにより安定性の確認を行う。

4-2 現地調査

(1) 調査位置選定の考え方

ボーリング等の現地調査位置は、道路、公園、学校のグラウンド等の公共用地内とする。盛土内の平面位置は、谷筋ライン上を基本とし、家屋等により適切な場所では実施できない場合には、極力谷筋ラインに近い場所を選定する。また、盛土上の縦断位置は、地質断面図の精度を得るため2箇所を基本とし、盛土のり肩付近と盛土中央部付近に設定する。なお、ボーリングが1箇所の場合は、盛土のり肩付近に設定するものとする。

図4-2-1に盛土平面位置、図4-2-2に盛土縦断位置における調査位置設定の考え方を、それぞれ示す。なお、上記の設定方法を基本とするが、北海道胆振東部地震による盛土の被害は必ずしも盛土末端部で発生しているとは限らないことから、北海道胆振東部地震における宅地被害メカニズム及び建物被害分布、推定盛土厚、既存ボーリング調査の実施状況、現況の地盤変状状況等を勘案して、より適切と考えられる調査位置を設定するものとする。

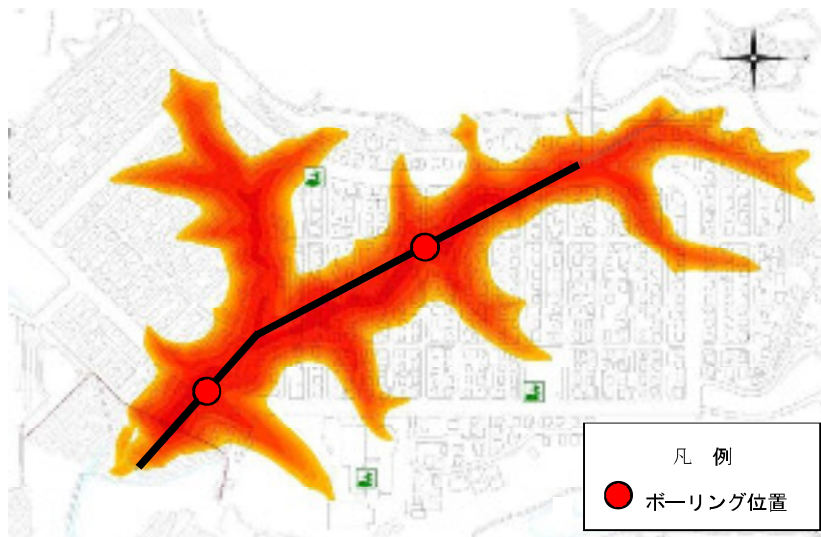


図4-2-1 盛土平面上の調査位置選定の考え方

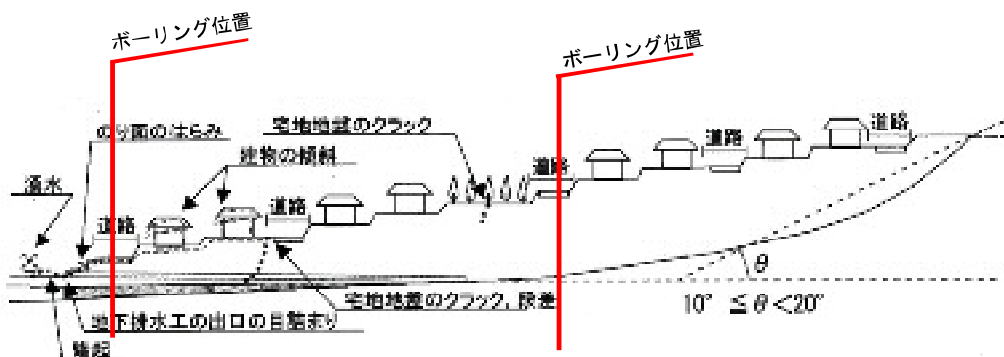


図4-2-2 盛土縦断位置における調査位置選定の考え方

(2) 調査位置設定手順

1) 準備するもの

① データ（発注者より貸与）

- 旧地形図データ（第1次スクリーニング成果）（geotiff形式）
- 現地形図データ（第1次スクリーニング成果）（geotiff形式）
- 札幌市現況図（最新）（DM形式）
- 暗渠配置データ（shp形式）
- 北海道胆振東部地震の罹災証明データ（shp形式）
- 新旧空中写真データ（jpeg形式）※国土地理院のデータを引用
- その他

② ソフト

- GIS
- CAD
- その他

2) 作業手順

① 平面図と沢筋ラインの作成

GISを用いて、旧地形図データから、沢筋ラインを設定

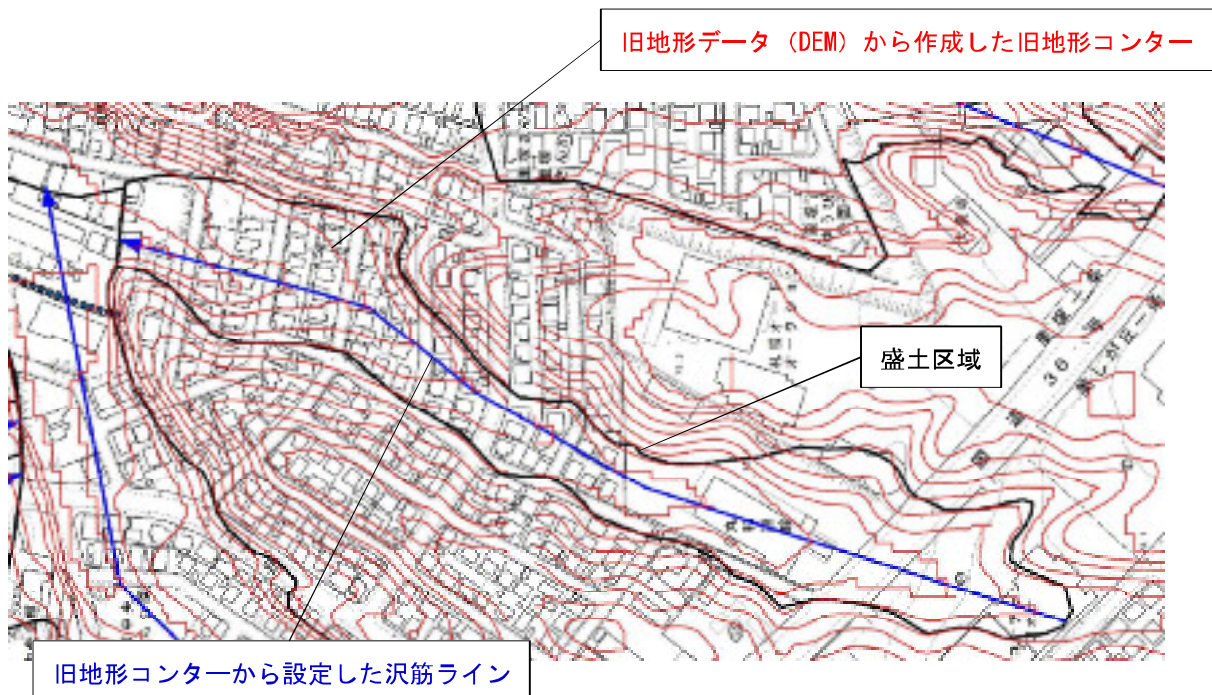


図 4-2-3 沢筋ライン設定例

②GIS による各種情報の重ね合わせ図作成

GIS を用いて次の各種情報の重ね合わせ図を作成

- 暗渠位置
- 建物罹災判定データ（全壊・大規模半壊・半壊）
- 旧地形データ
- 谷筋ライン
- その他(既存ボーリング調査位置, 過去の地震の被災履歴ほか)



図 4-2-4 重ね合わせ図作成例

③盛土断面図の作成

現況地形データおよび旧地形データから、沢筋ラインの盛土断面図を作成

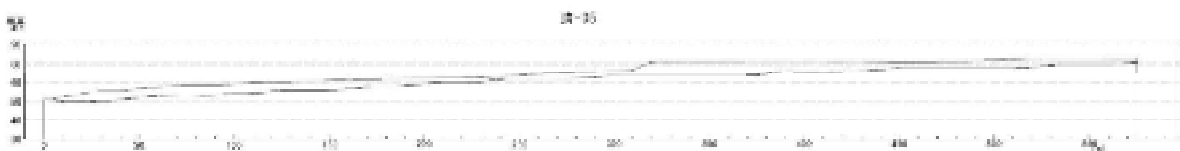


図 4-2-5 盛土断面図作成例

④地盤調査位置の設定

盛土末端部付近と盛土中央部付近の2箇所を基本とする。

【目的】 検討モデル（断面）の精度を得るため

【設定例】

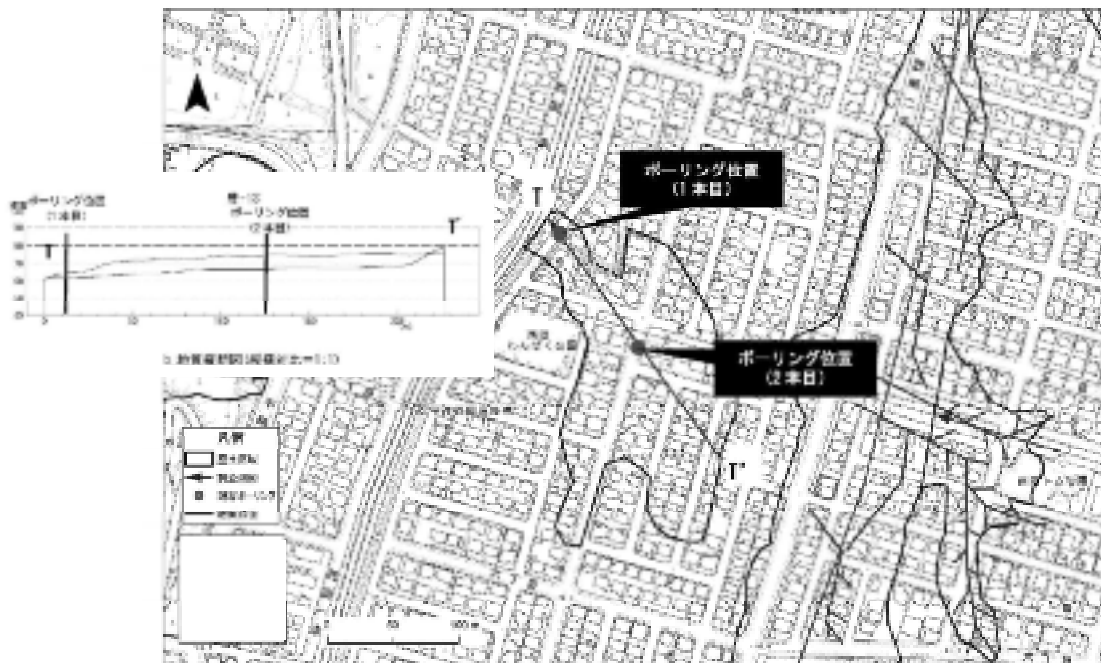


図 4-2-6 地盤調査位置設定例

【留意点】

- 盛土末端部の層厚が薄い場合は、断面形状より想定されるすべりの末端部付近に設定する。
- 前述した北海道胆振東部地震の被災メカニズム（本マニュアル p5～p16 参照）や北海道胆振東部地震による建物被害（全壊・大規模半壊・半壊）集中箇所を考慮すると、下記(a)～(c)の箇所は弱層部が有る可能性や地下水位が高い可能性があることから、これらの位置で地盤調査を行うことが有効であるため、調査位置の修正について検討する。

(a)暗渠位置付近

【設定例】

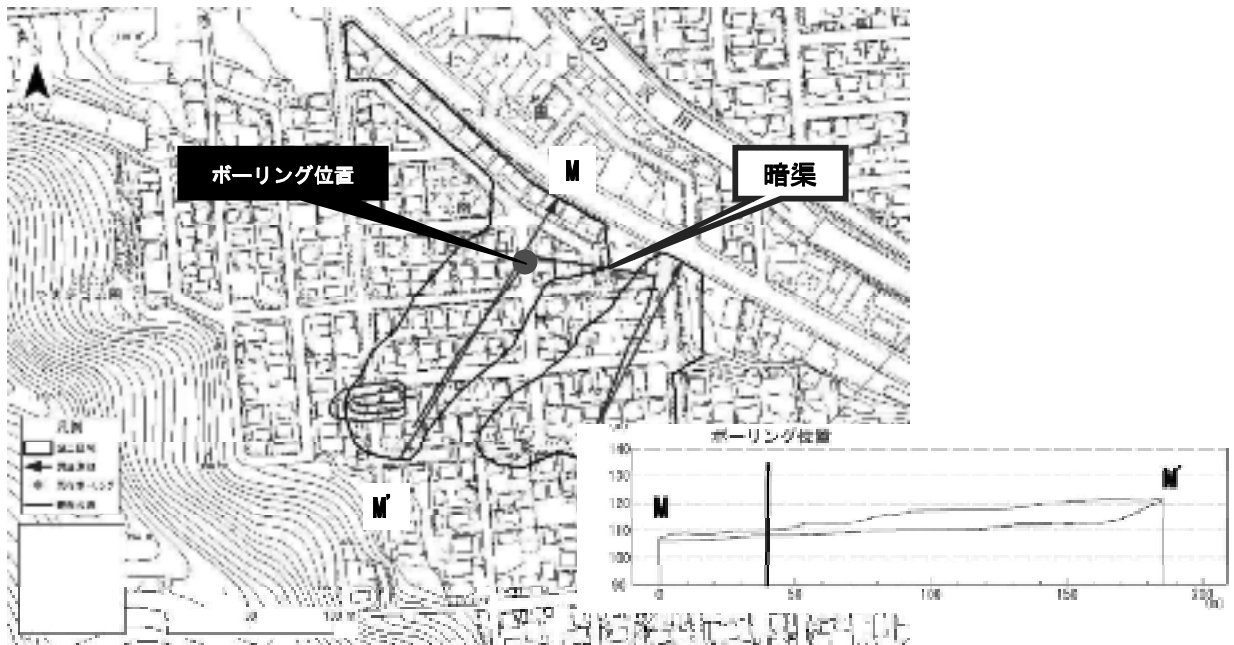


図 4-2-7 地盤調査位置設定例（暗渠位置を考慮したケース）

(b)地盤変状箇所

【設定例】

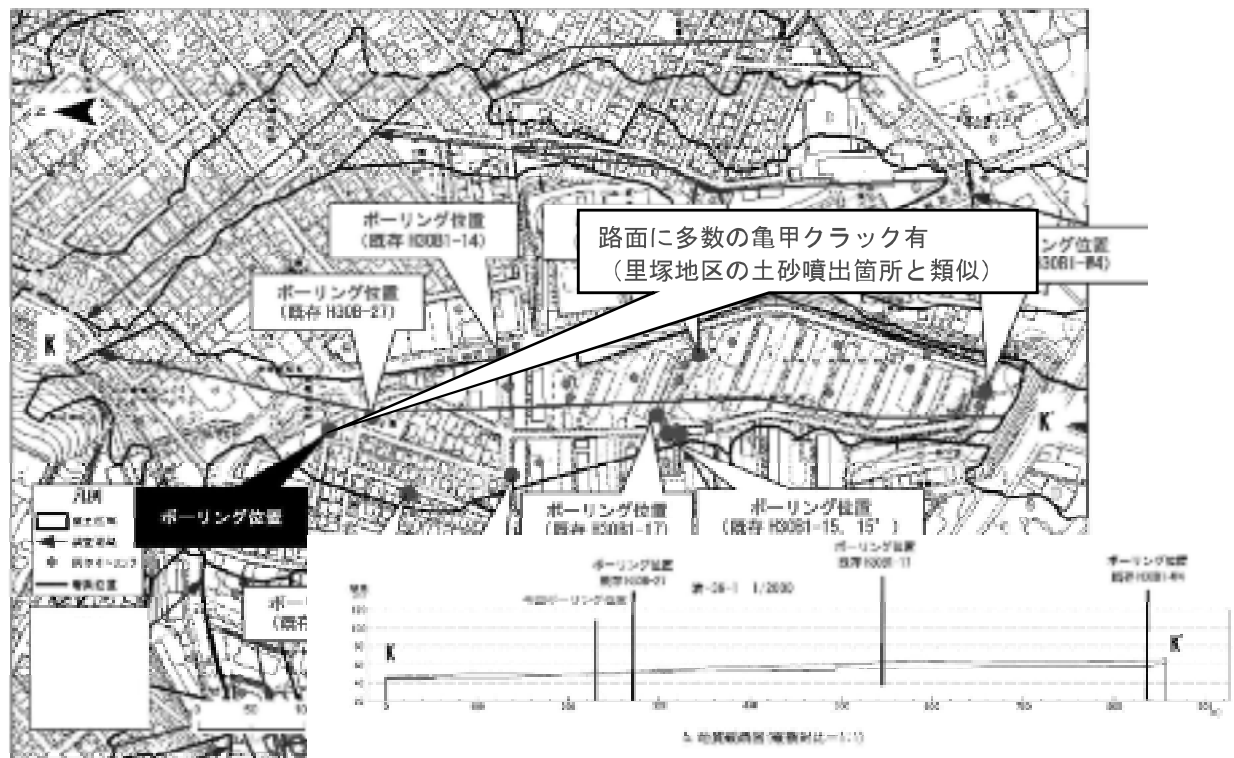


図 4-2-8 地盤調査位置設定例（地盤変状箇所を考慮したケース）

©被害集中箇所

【設定例】

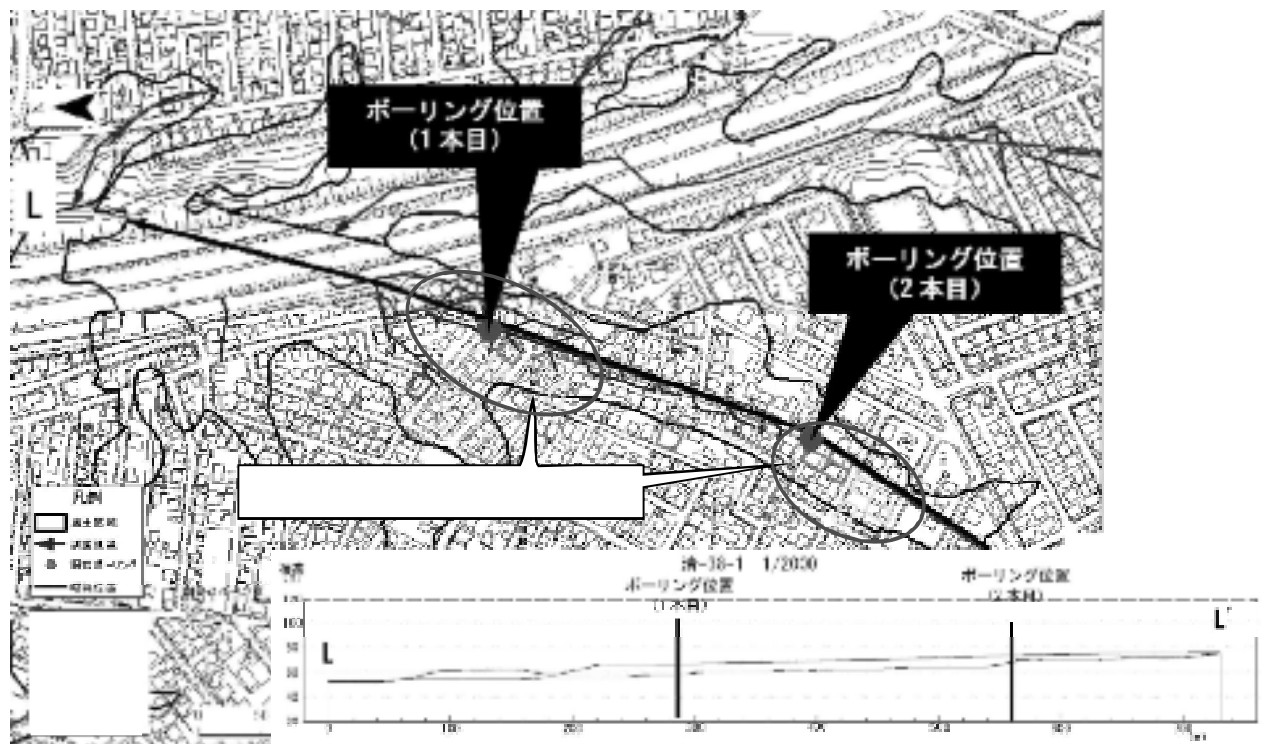


図 4-2-9 地盤調査位置設定例 (建物被害集中箇所を考慮したケース)

4-10 室内土質試験

(1) 目的

室内土質試験は、盛土および盛土支持地盤の土質性状（物理的性質）や、安定計算のためのせん断強度定数（ C_{cu} , ϕ_{cu} ）、液状化判定等を目的として実施する。

(2) 方法

地盤種別ごとの実施試験項目を表 4-10-1 に示す。また、室内土質試験の概要および規格は、表 4-10-2 に示すとおり。

1) 物理試験（土の物理的性質の把握）

- ① 土粒子の密度試験 ; JIS A 1202
- ② 土の含水比試験 ; JIS A 1203
- ③ 土の粒度試験（ふるい+沈降分析） ; JIS A 1204
- ④ 土の液性限界試験 ; JIS A 1205
- ⑤ 土の塑性限界試験 ; JIS A 1205
- ⑥ 土の湿潤密度試験 ; JIS A 1225

2) 変形・強度試験（せん断強度定数の把握）

- ① 土の圧密非排水（CU バー）三軸圧縮試験 ; JGS 0523

表 4-10-1 地盤種別ごとの実施試験項目一覧表

試験項目	盛土層		地山（盛土下）	
	支笏火砕流 堆積物	支笏火砕流 堆積物以外	盛土下の弱層部	弱層部なし
土粒子の密度試験	○	○	○	△
土の含水比試験	○	○	○	△
土の粒度試験 （ふるい+沈降分析）	○	○	○	△
土の液性限界試験	○	○	○	△
土の塑性限界試験	○	○	○	△
土の湿潤密度試験	○	○	○	△
土の圧密非排水 （CU バー） 三軸圧縮試験	×	○	○	×

○：必要

△：沖積層の場合は必要

×：不要

表 4-10-2 室内土質試験の概要および規格

試験項目	得られる土質定数	試験結果の利用	試験の概要	規格	
物理試験	土粒子の密度試験	土粒子の密度 ρ_s	土の基本的性質の一つであり、粒度試験(沈降)や突固め試験、圧密試験のとりまとめ等に用いる。	体積一定の容器内の土粒子、蒸留水のみを質量と、土粒子と蒸留水を満たしたときの質量の関係から土粒子密度を求める。	JIS A 1202
	土の含水比試験	含水比 w	土の分類等に用いる。また、圧縮指数、一軸圧縮強度との相関性も報告されている。	110°Cの伊乾燥によって失われる土中水の質量と土の乾燥質量に対する比を百分率で表す。	JIS A 1203
	土の粒度試験	粒度分布 最大粒径 均等係数 U_c	土粒子径の分布状態から細粒分含有量や粒度分布状態を把握することができ、土の分類にも用いる。また、10%、20%粒径から透水係数の推定も可能である。	土粒子径の分布状態を質量百分率で表す。75 μ m以上の粒子はふるい分析、75 μ m以下の粒子は沈降分析により粒度を求める。	JIS A 1204
	土の液性限界試験(w_L)	液性限界 w_L	土が塑性状態から液体状態に移る境界の含水比をいう。塑性限界との差から塑性指数が求められる。また、土の分類にも用いる。LLと略記する。	試験による、流動曲線において落下回数25回に相当する含水比と規定している。	JIS A 1205
	土の塑性限界試験(w_p)	塑性限界 w_p	土が塑性体から半固体の状態に移る境界の含水比をいう。液性限界との差から塑性指数が求められる。PLと略記する。	土のひもが直径3mmになった段階で、ひもが切れ切れになったときの含水比と規定している。	JIS A 1205
力学試験	締固め試験	最大乾燥密度 最適含水比 ρ_{dmax} w_{opt}	盛土等の締固め施工時の、土の締固め特性を事前に把握するために行う。目標締固め度と施工含水比を規定し、その管理基準として試験結果を利用する場合が多い。	突固めによる土の締固めを行い、含水比-乾燥密度-空気間隙率の関係図を作成し、最大乾燥密度および最適含水比を求める。	JIS A 1210
	土の三軸圧縮試験 CUbar	粘着力 せん断抵抗角 強度増加率 c' ϕ' Cu/ρ	斜面の安定解析など、せん断強度を用いる際に有効応力の变化を考慮しなくてはならない場合がある。このような有効応力解析に必要とする場合に利用される。	等方応力状態で圧密された土に対して、非排水状態(間隙水圧を測定)で軸圧縮されるとき土のせん断強度(c' 、 ϕ')、変形特性を求める。粘性土を対象とする。	JGS 0523

(3) 留意事項

1) 液状化判定に用いる土質試験の実施

北海道胆振東部地震では、札幌市内の大規模盛土造成地において滑動被害が発生した里塚地区や美しが丘地区、清田団地地区などにおいては、液状化の発生が確認されている。また、過去の地震被害においても液状化を伴う地盤変状が確認されている。

このため、地震時の安定計算においては、ガイドラインで示されている水平震度を与えた安定計算のほかに、札幌市独自の滑動安定性評価として、地震時の液状化により過剰間隙水圧を考慮した滑動に対する安定計算も実施する。この液状化判定に必要な土質試験を実施する。

2) 火山灰質土のサンプリング試料の現場での凍結処理について

火山灰質土のサンプリング試料は現場にて下記の処理を行った後、土質試験室への搬入を行う。

- ① 水抜き (半日程度)
- ② 凍結処理 (ドライアイスを使用, 半日程度)

清田区里塚地区で採取した支笏火山灰からなる盛土試料では、見かけ上乾燥状態にある土であっても、運搬中の車の振動で液体状になることが確認された。このため、火山灰質の盛土材料の場合には、サンプリング試料を凍結してから運搬するものとする。

ただし、盛土材が支笏火砕流堆積物ではなく粘性土であった場合、原位置での含水比が重要な物性値となってくるため、水抜き・凍結処理は実施しない。

3) 乱れの少ない試料（サンプリング）が採取できない場合のサンプリング

巨礫の混入などにより、乱れの少ない試料（圧密非排水三軸圧縮試験等の力学試験用試料）が採取できない場合は、乱した試料を採取し、現場密度を再現した再構成試料によって力学試験用の供試体を作成して、土質試験を実施する。方法は下記に記す通りである。

- ① 湿潤密度試験がおこなえる程度の試料（10cm以上の長さの乱れの少ない試料）を採取する。
- ② 孔径 ϕ 116mm以上で乱した試料（ただし、掘削時の回転によりマッドケーキ化した部分を取り除いた土）を採取する。試料の量は、上のう袋4袋分程度とする。
- ③ 上記①で採取した乱れの少ない試料で得られた現場密度（乾燥密度）に合わせて、再構成試料により供試体を作成し、力学試験を実施する。

4) 圧密非排水三軸圧縮試験の圧密圧力

せん断強度定数（ c 、 ϕ ）を求めるための圧密非排水（CUバー）三軸圧縮試験においては、圧密圧力は、盛土の地中応力を考慮して、 50kN/m^2 、 100kN/m^2 、 150kN/m^2 とする。

4-13 総合解析とりまとめ

地盤調査で得られた結果を踏まえて地質断面図を作成するとともに、安定計算に必要な諸条件を整理する。

地質断面図における地層名および地層記号、色等の表記については、図 4-13-1、図 4-13-2 に示すとおりとする。なお、同図に示されていない新たな地層が判明した場合は、発注者と協議の上、設定するものとする。

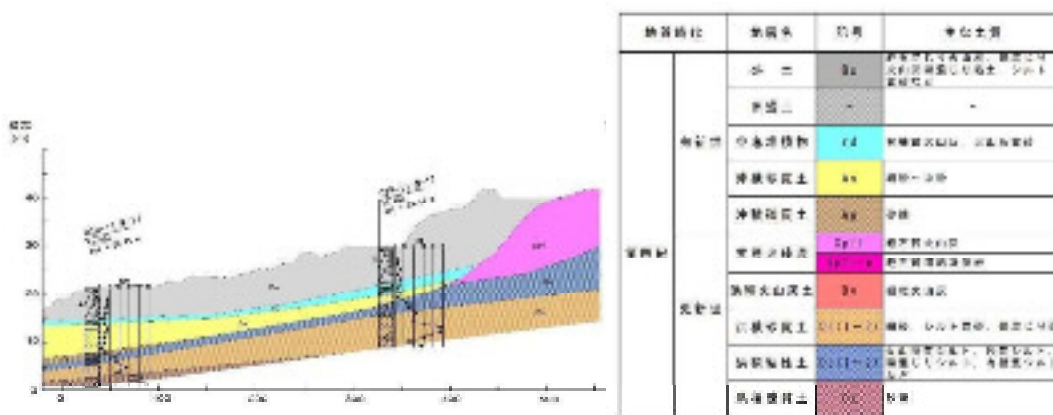


図 4-13-1 地質断面図と地層層序・地層記号（豊平区）の例

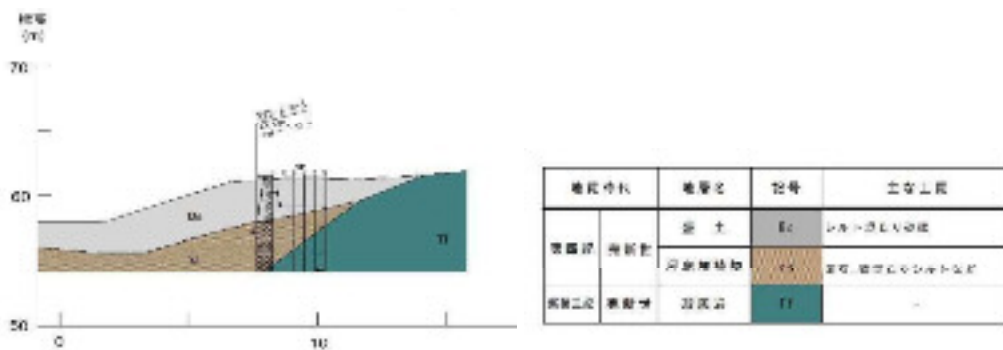


図 4-13-2 地質断面図と地層層序・地層記号（手稲区）の例

5. 液状化判定

盛土の液状化被害可能性判定として、調査地点のボーリング結果または簡易調査結果を用いた液状化判定を行う。

5-1 ボーリング調査結果を用いた場合

- 液状化判定は建築基礎構造設計指針¹⁾を基本とした「宅地の液状化被害可能性判定計算シート」²⁾により行うものとする。
- 判定に必要な土質試験値（粒度，単位体積重量，塑性指数）は，そのボーリング地点で実施された土質試験結果を深度毎に使用する。
- 深度毎のN値はボーリング地点で実施された標準貫入試験結果から入力する。標準貫入試験は1.0m毎に実施するが，液状化判定シートは50cmごとの入力となるため，同じN値を2つの深度に入力する。
(例；標準貫入試験 深度2.15m→入力 2.0mと2.5m)
- また試掘などにより表層1.5～2.0mのN値が求められていない場合は，最も浅い深度で得られたN値を代入する。
- 地下水位は，地下水位観測を実施し得られた最高水位を用いる。
- 液状化判定に用いる地震動は下記の2種類を用いる。(表5-1-1)
- 液状化判定には盛土層及び谷底堆積物（有機質土等）を対象層とし，地山部の支笏火砕流堆積物は対象外とする。(地山部はN値が大きく，地質年代は更新世であるため)

表5-1-1 液状化判定に用いる地震動の一覧表

地震力の種類	マグニチュード	加速度
①宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針より，「建築基礎構造設計指針」を基本とした場合の最低限の地震動（マグニチュード）および「宅地造成等規制法施行令に基づく地震力」により設定（加速度）	7.5	225gal (想定最大)
②北海道胆振東部地震にて札幌市清田消防署で観測された地震動	6.7	277.8gal (最大)

※【参考文献】

- 1) 建築基礎構造設計指針 2001年10月 日本建築学会
- 2) 宅地の液状化被害可能性判定計算シート 国土交通省 都市局・国土技術政策総合研究所

5-2 簡易地盤調査を用いた場合（オートマチックラムサウンディング，ARS）

- 液状化判定は建築基礎構造設計指針を基本とした「宅地の液状化被害可能性判定計算シート」により行うものとする。
- 判定に必要な土質試験値（粒度，単位体積重量，塑性指数）は，令和2年度業務で実施された土質試験結果から推定値を入力する。
- 深度毎のN値は，オートマチックラムサウンディング試験によって得られたNa値を入力する。オートマチックラムサウンディング試験によって得られるNa値は20cm毎となるため，基本的には同深度のNa値を用いることとするが，0.5m単位の場合，近い深度のNa値のうち小さい方を入力する。
（判定シート 深度1.5mの例；ARS深度1.4m-Nd値5，深度1.6m-Na値4の場合，深度1.6mのNa値を入力する）
- また試掘などにより表層1.5～2.0mのN値が求められていない場合は，最も浅い深度で得られたNa値を代入する。
- 地下水位は，試験孔を用いて観測した水位に対し，調査地近辺の既存観測データの変動傾向を考慮し入力水位を設定する。
- 液状化判定に用いる地震動は表5-1-1を用いる。
- 液状化判定には基本的に盛土層を対象層とするが，盛土と地山の境界が不明瞭な場合は，全深度を対象層とする。

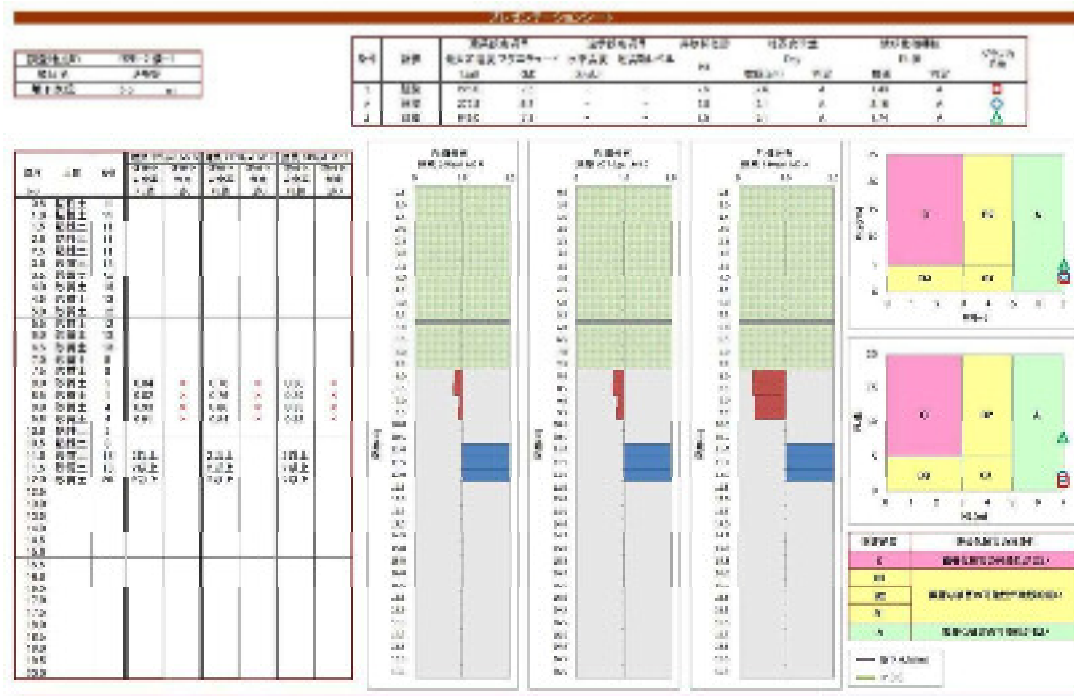


図 5-2-1 宅地の液状化被害可能性判定計算シートの計算結果例

宅地液化判定計算シート																																									
調査地点ID		R2B-12 箇-41																																							
項目名		ノモ等																																							
地下水水位		9.0 m																																							
<small>(地下水水位は、0.5mごとに記録されます。)</small> <small>(この欄の値は入力します。)</small>				<table border="1"> <thead> <tr> <th>調査</th> <th>調査</th> <th colspan="2">標準偏差(%)</th> <th colspan="2">調査地点ID</th> </tr> <tr> <th>番号</th> <th>方法</th> <th>最大(2018年)</th> <th>マダニブーム2016</th> <th>調査地点ID</th> <th>調査地点ID</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>測定</td> <td>2.8</td> <td>1.5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>測定</td> <td>177.8</td> <td>6.7</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>測定</td> <td>8.8</td> <td>1.3</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		調査	調査	標準偏差(%)		調査地点ID		番号	方法	最大(2018年)	マダニブーム2016	調査地点ID	調査地点ID	1	測定	2.8	1.5			2	測定	177.8	6.7			3	測定	8.8	1.3								
調査	調査	標準偏差(%)		調査地点ID																																					
番号	方法	最大(2018年)	マダニブーム2016	調査地点ID	調査地点ID																																				
1	測定	2.8	1.5																																						
2	測定	177.8	6.7																																						
3	測定	8.8	1.3																																						
深度 [m]	土質	総水分 百分率 [%]	目録 頁数	目録 番号	百分 含有率 [%]	砂質 土質 [%]	粘質 土質 [%]	地盤強度 [kN/m ²]	標準偏差 [kN/m ²]	調査 結果 判定	調査 結果 判定	調査 結果 判定																													
0.5	砂質土	43.7	25	16.10	12	0.1	0.0																																		
1.0	砂質土	43.7	25	16.10	12	0.1	0.0																																		
1.5	砂質土	43.7	25	16.10	12	0.1	0.0																																		
2.0	砂質土	43.7	25	16.10	12	0.1	0.0																																		
2.5	砂質土	43.7	25	16.10	12	0.1	0.0																																		
3.0	砂質土	43.5	8	16.10	10	0.1	0.0																																		
3.5	砂質土	43.3	8	15.10	10	0.1	0.0																																		
4.0	粘質土	51.2	8	16.10	13	0.1	0.0																																		
4.5	粘質土	51.5	3	16.10	13	0.1	0.0																																		
5.0	砂質土	47.6	16	16.10	20	0.1				19.0																															
5.5	砂質土	47.6	10	16.10	20	0.1				18.0																															
6.0	砂質土	44.1	8	16.10	18	0.1				17.0																															
6.5	砂質土	44.1	8	16.10	18	0.1				17.0																															
7.0	砂質土	41.0	4	16.10	14	0.1	0.0																																		
7.5	砂質土	41.0	4	16.10	14	0.1	0.0																																		
8.0	砂質土	34.0	4	16.10	5	0.2	0.0																																		
8.5	砂質土	34.0	4	16.10	5	0.2	0.0																																		
9.0	砂質土	39.3	1	16.10	12	0.2	0.0																																		
9.5	砂質土	39.3	1	16.10	12	0.2	0.0																																		
10.0	砂質土	37.4	3	16.10	10	0.2	0.0																																		
10.5	砂質土	37.4	3	16.10	10	0.2	0.0																																		
11.0	粘質土	53.4	4	16.10	23	0.1				22.0																															
11.5	粘質土	55.4	4	16.10	23	0.1				22.0																															
12.0	砂質土	34.6	4	16.10	13	0.2	0.0																																		
12.5	砂質土	34.6	4	16.10	13	0.2	0.0																																		
13.0	砂質土	38.0	12	16.10	13	0.3	0.0			18.0																															
13.5	砂質土	38.0	13	16.10	15	0.3	0.0			19.8																															
14.0	砂質土	39.7	4	16.10	16	0.2	0.0			18.4																															
14.5	砂質土	36.7	4	16.10	16	0.2	0.0			18.4																															
15.0	砂質土	37.2	7	16.10	9	0.7	0.0																																		
15.5	砂質土	37.2	7	16.10	9	0.7	0.0																																		
16.0	砂質土	28.4	9	16.10	11	0.5	0.0																																		
16.5	砂質土	28.4	9	16.10	11	0.5	0.0																																		
17.0	砂質土	35.0	3	16.10	9	0.5	0.0			14.5																															
17.5	砂質土	35.0	3	16.10	9	0.5	0.0			14.5																															
18.0	粘質土	51.2	24		8	0.1	0.0																																		
18.5																																									
19.0																																									
19.5																																									
20.0																																									

ボーリング調査結果を用いた場合

- 赤枠: 室内土質試験結果から入力※
- 青枠: 標準貫入試験・簡易地盤調査から入力※
- 緑枠: 表-6から入力
- 紫枠: 地下水水位観測結果の最高水位を入力

※試験深度に近い数値を入力する
(例: 試験値 2.16mの場合
 →判定シートの2.0mと2.5mを入力)

簡易地盤調査結果を用いた場合

- 赤枠: 令和2年度試験結果から決定値を入力
- 青枠: 簡易地盤調査から入力※
- 緑枠: 表-6から入力
- 紫枠: 試験孔を用いた観測水位に対し近隣の既存観測データの変動を考慮した水位を入力する

※試験深度に近い数値のうち耐震が低い方を入力する
(例: 試験値 2.4m-判定5と2.6m-判定3の場合
 →入力 2.6mの判定3)

図 5-2-2 宅地の液状化被害可能性判定計算シートの入力例

5-3 繰返し非排水三軸試験の液状化抵抗値と N 値による液状化抵抗値の比較

「宅地の液状化被害可能性判定計算シート」は沖積層の粘性土・砂質土を想定したものであり、札幌市のような火山灰質土のケースは実例が少ない。そのため火山灰質土でも同じように「宅地の液状化被害可能性判定計算シート」から求められた液状化抵抗値が、土質試験結果との程度異なるのかを確認した。

図 5-3-1 は縦軸に土質試験で得られた液状化抵抗値、横軸に N 値から算出した値をプロットした図である。

- N 値から算出した液状化抵抗値は 0.14~0.20 の間に多く分布している。
- 土質試験値では 0.18~0.49 の間に分布している。
- 上記から N 値から算出した液状化抵抗値は土質試験で得られる値よりも小さく算出される傾向にある。

以上のことから、土質試験での液状化抵抗値よりも N 値から求められる液状化判定結果は安全側となることを示している。

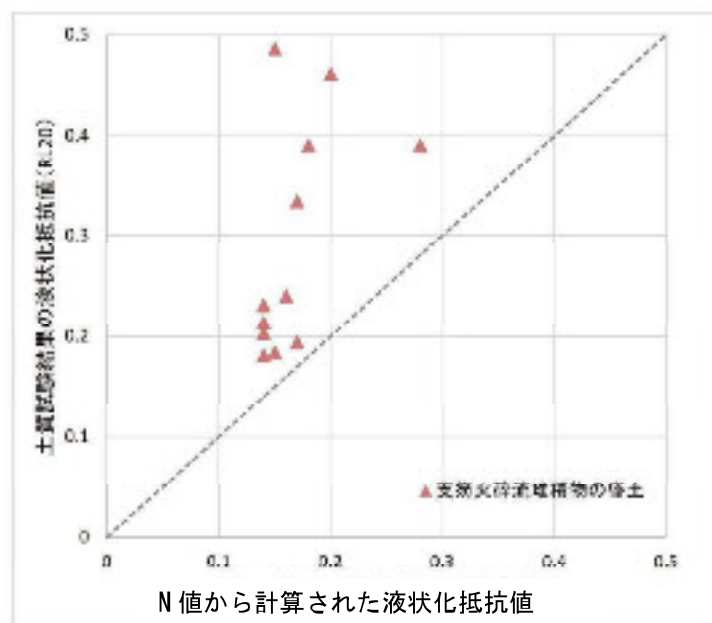


図 5-3-1 土質試験での液状化抵抗値と N 値から算出した液状化抵抗値の比較

6. 安定計算による簡易安定性評価

盛土の安定性に関する簡易評価として、想定される滑動ブロックにおいて安定計算を行う。

6-1 計算方法

安定計算は、水平震度を考慮した計算のほか、必要に応じて液状化による過剰間隙水圧を考慮した計算と、盛土内の弱層部を考慮した計算を行う。

(1) 水平震度を考慮した安定計算（ガイドラインに準拠）

- 谷埋め型大規模盛土造成地は、盛土滑り面が複数の円弧又は直線で構成されていると想定し、二次元の分割法による計算とする（複合すべり計算）。
- 腹付け型大規模盛土造成地は、盛土滑り面が単一の円弧で構成されていると想定し、二次元の分割法のうちの簡便法による計算とする（円弧すべり計算）。
- 安定計算手法は、全応力法による安定計算とする。

※ 安定計算での地震時における間隙水圧（静水圧+過剰間隙水圧）の設定は困難であり、ガイドライン P.1-109 においても、「すべり面におけるせん断強度が地震中に変化する影響は無視して、常時における応力状態に地震時慣性力のみを考慮することが一般的である」と記載されている。

(2) 液状化による過剰間隙水圧を考慮した安定計算（ガイドラインに準拠）

- 液状化による過剰間隙水圧を考慮した安定計算（円弧すべり計算）を行う。
- ※ 盛土や地山が液状化する可能性がある場合、地震動の作用による土の強度低下が著しい場合等は、水平震度は作用させず、土のせん断強度には液状化による過剰間隙水圧を考慮した有効強度を用いる計算方法が紹介されており、この検討を合わせて実施することが望ましい（ガイドライン p 1-126）と記載されている。

(3) 盛土内の弱層部を考慮した安定計算（札幌市独自）

- 盛土内及び盛土直下にN値2以下の弱層部が存在する場合には、弱層部を通るすべり面を設定して複合すべり計算（水平震度，全応力法）を行う。

<全応力法による場合>

$$F_s = \frac{M'_R + \Delta M'_R}{M'_D} = \frac{\sum [C \cdot \ell + W(\cos \alpha - k_h \sin \alpha) \tan \phi] \cdot R_t + P \cdot R_t'}{\sum W \cdot R_w - \sum W(\cos \alpha - k_h \sin \alpha) \cdot R_r + \sum k_h \cdot W \cdot R_e}$$

- ここに、
- F_s : 安全率 (地震時)
 - M'_R : 地震時の土塊の抵抗モーメント (kN・m/m)
 - $\Delta M'_R$: 抵抗モーメントの増分
 - M'_D : 地震時の土塊の滑動モーメント (kN・m/m)
 - R_w : 各分割片の滑り面上の自重によるモーメントの腕の長さ (m)
 - R_r : 各分割片の滑り面上の底面反力によるモーメントの腕の長さ (m)
 - R_e : 各分割片の滑り面上に作用する地震力によるモーメントの腕の長さ (m)
 - R_t : 分割されたそれぞれの滑り面のモーメントの腕の長さ (m)
 - R_t' : 対策工の工法により決まるモーメントの腕の長さ (m)
 - P : 対策工の抵抗力 (抑止力) (kN/m)
注) 地滑り抑止杭、グラウンドアンカー工、地下水排除工の対策によって異なる。
 - W : 各分割片の単位長さ重量 (kN/m)
 - k_h : 設計水平震度 (地震力の作用位置は分割片の重心位置)
 - α : 次の式によって計算した各分割片の滑り面の勾配 (ラジアン)
 $\alpha = \tan^{-1}(H/L)$
 - H : 各分割片の滑り面の最下流端と最上流端の標高差を計測した数値 (m)
 - L : 各分割片の滑り面の標高差を計測した二地点間の水平距離を計測した数値 (m)
 - l : 各分割片の滑り面の長さ (m)
 - ϕ : 盛土の内部摩擦角 (°)
 - C : 盛土の粘着力 (kN/m²)

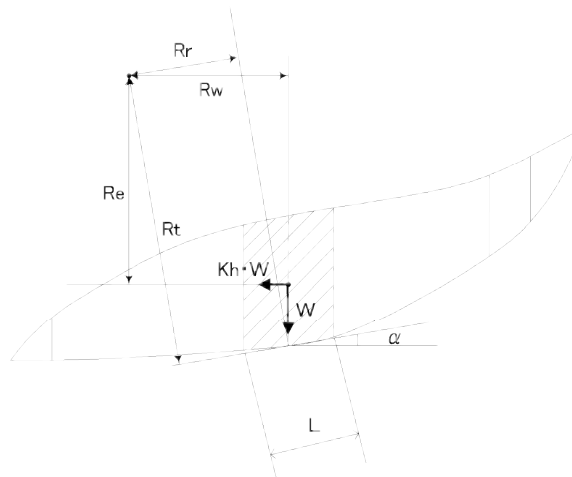


図 6-1-1 二次元の分割法における各分割片に働く力 (地震時)

6-2 計算条件

(1) ボーリング調査実施箇所

- 安定計算に用いる土質定数の設定については、盛土材が支笏火砕流堆積物によるものか、それ以外かによって設定方法を選別する。
- 盛土材が支笏火砕流堆積物のときは、盛土の単位体積重量を $\gamma=15\text{kN/m}^3$ 、盛土のせん断強度定数 (c, ϕ) は、 $c=0\text{kN/m}^2$ 、 $\phi=30^\circ$ を基本とし、盛土のN値が2以下となる弱層部を確認した場合には、これを考慮して、盛土の弱層部のせん断強度定数を $c=0\text{kN/m}^2$ 、 $\phi=25^\circ$ として安定計算を行う。
- 盛土材が支笏火砕流堆積物以外のときは、湿潤密度試験および三軸圧縮試験（圧密非排水条件）で得られた値 (c_{cu}, ϕ_{cu}) を基に設定した定数を用いて安定計算を行う。

表 6-2-1 土質定数の設定選定表（Bor 実施の場合）

土質条件		せん断強度	
盛土層	支笏火砕流堆積物	$N \geq 3$	$c=0\text{kN/m}^2, \phi=30^\circ$
		$N \leq 2$	$c=0\text{kN/m}^2, \phi=25^\circ$
	それ以外の盛土	三軸圧縮試験で得られた値 (c_{cu}, ϕ_{cu}) をもとに設定	
盛土下の弱層部	$N \leq 2$	三軸圧縮試験で得られた値 (c_{cu}, ϕ_{cu}) をもとに設定	

- 地下水位は、観測した年間最高水位（融雪時の水位）とする。
（現在、地下水位観測中であり融雪時の水位は把握できていない）
- 上載荷重は、戸建て住宅が並ぶ一般的な宅地を想定した分布荷重（ 10kN/m^2 ）を宅地および道路部に載荷する。ただし、明らかな法面は上載荷重を除く。
- 安定計算に用いる地震力（水平震度）は、①法定震度（ $kh=0.225$ ）、②H30年北海道胆振東部地震における清田消防署で観測された最大加速度相当の震度（ $kh=0.278$ ）の2つの水平震度で計算する。
- 盛土内に地下水を確認した場合は、液状化判定を行う。その結果、PL値が5より大きいとき、液状化で盛土の安定性が確保できない可能性を想定して、過剰間隙水圧を考慮した安定計算を行う。

(2) ボーリング調査を実施せず簡易地盤調査のみの箇所

- オートマチックラムサウンディング試験の換算値および近隣地区の土質試験結果を参考にして、せん断強度定数 (c, ϕ) を設定する。盛土材が支笏火砕流堆積物のときは、盛

土の単位体積重量を $\gamma=15\text{kN/m}^3$ 、盛土のせん断強度定数 (c, ϕ) は、 $c=0\text{kN/m}^2$ 、 $\phi=30^\circ$ を基本とする。盛土材が支笏火砕流堆積物でかつサウンディング試験にて N_a 値が 2 以下となる弱層部を確認した場合は、これを考慮し、盛土の弱層部のせん断強度定数を $c=0\text{kN/m}^2$ 、 $\phi=25^\circ$ に設定して安定計算を行う。盛土と盛土下の弱層部の判別が困難であることから、地山と判別した層より上の $N \leq 2$ は盛土の弱層部として、安定計算に反映する。

表 6-2-2 土質定数の設定選定表 (ARS 実施の場合)

土質条件		せん断強度
盛土層	支笏火砕流堆積物 $N_a \geq 3$	$c=0\text{kN/m}^2, \phi=30^\circ$
	$N_a \leq 2$	$c=0\text{kN/m}^2, \phi=25^\circ$
それ以外の盛土 ※		近隣地区の三軸圧縮試験値 (c_{cu}, ϕ_{cu}) より想定

※ 既往資料などで明らかに支笏火砕流堆積物ではないことが確認できた場合

- 地下水位は、サウンディング試験の試験孔を利用して、観測時に地下水位を確認する。なお、安定計算の地下水位設定は、既存の観測孔の季節変動も考慮して設定する。
- 上載荷重は、戸建て住宅が並ぶ一般的な宅地を想定した分布荷重 (10kN/m^2) を宅地および道路部に載荷する。ただし、明らかな法面は上載荷重を除く。
- 安定計算に用いる地震力 (水平震度) は、①法定震度 ($kh=0.225$)、②H30 年北海道胆振東部地震における清田消防署で観測された最大加速度相当の震度 ($kh=0.278$) の 2 つの水平震度で計算する。
- 盛土内に地下水を確認した場合は、液状化判定を行う。その結果、 PL 値が 5 より大きいとき、液状化で盛土の安定性が確保できない可能性を想定して、過剰間隙水圧を考慮した安定計算を行う。液状化判定は、サウンディング試験から得られた N_a 値と本業務の粒度試験より最低値である細粒分含有率 19% と仮定し、これを用いて判定する。

6-3 すべり面の設定

札幌市の造成地の地形は概ね平坦地形であるため、滑動ブロック（すべり面）の区分を下記に基づいて設定する。

- すべり面の設定では、**全体すべりと末端すべりを必須の検討**とし、その他のすべり面は必要に応じて発注者と協議の上設定する(図 6-5-2)。
- 複合すべりによる安定計算のすべり面設定は、「山地の地形工学」¹⁾(図 6-3-1)、「地すべり」²⁾(図 6-3-2)を参考に設定し、盛土と地山の境界部をすべり面とすることを基本とする。

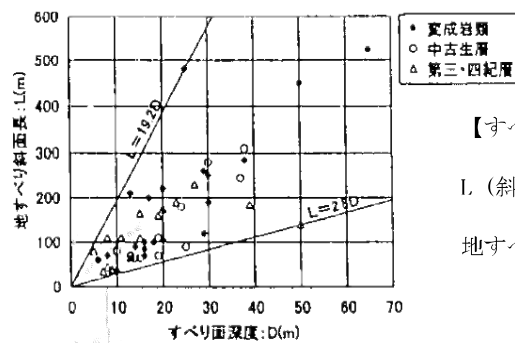


【すべり面深度(D)に対する
地すべり斜面長(L)の関係】
 L (斜面長) / D (深度) = 4~15

山地の地形工学 p. 167 より抜粋

図 4.2.27 地すべり斜面長とすべり深度との関係

図 6-3-1 すべり面深度に対する地すべり斜面長の関係



【すべり面深度(D)に対する
地すべり斜面長(L)の関係】
 L (斜面長) / D (深度) = 2.8~19.2

地すべり p. 19 より抜粋

図 6-3-2 すべり面深度に対する地すべり斜面長の関係

- 地すべり斜面長は、盛土層厚が非常に薄い場合でも最低斜面長を 40m とする。

※【参考文献】

- 1) 山地の地形工学 日本応用地質学会編 古今書院
- 2) 地すべり 地形地質的認識と用語 地すべりに関する地形地質用語委員会編 社団法人日本地すべり学会

- N値が2以下の弱層部が盛土内に確認された場合は、弱層部のすべり面を追加設定する。なお、弱層部が盛土の中間と地山の境界部の両方に確認された場合は、弱層部に対する検討は地山との境界部のみで行い、中間部のすべり計算は省略する。

※ 盛土の安定計算において、深いすべり面よりも浅いすべり面の方が安全率は上がる傾向にあることからこの条件とした（図 6-3-4 に示す(2)モデル）。

以下に安定計算モデルのパターンを示す。

- (1) 盛土内に弱層部が存在しない場合又は盛土が支笏火砕流堆積物ではない場合

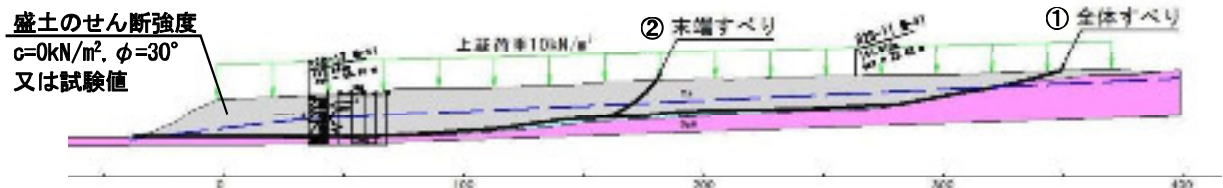


図 6-3-3 安定計算モデルイメージ図 (1)

- (2) 盛土下端に弱層部が存在する場合（盛土中間部に弱層部が存在する場合を含む）

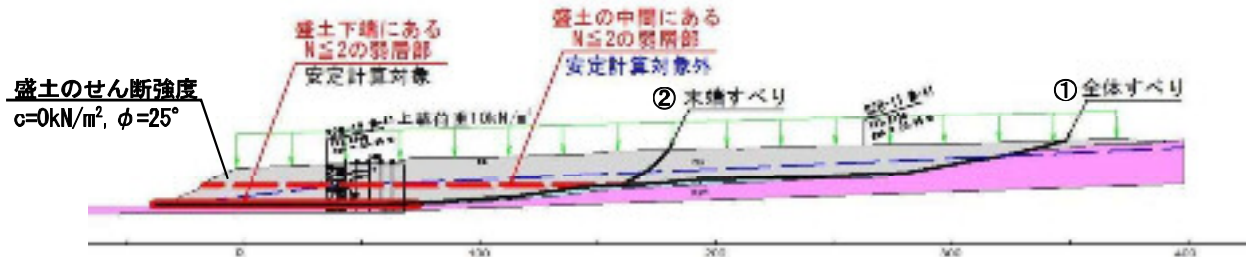


図 6-3-4 安定計算モデルイメージ図 (2)

- (3) 盛土中間部のみに弱層部が存在する場合

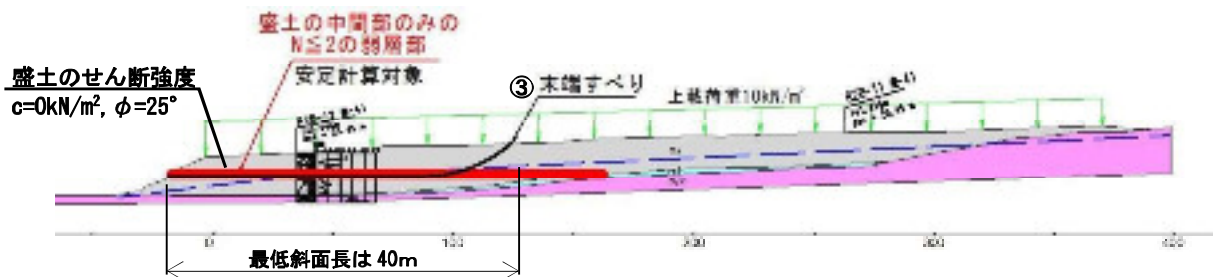


図 6-3-5 安定計算モデルイメージ図 (3)

- (4) 盛土下に弱層部が存在する場合

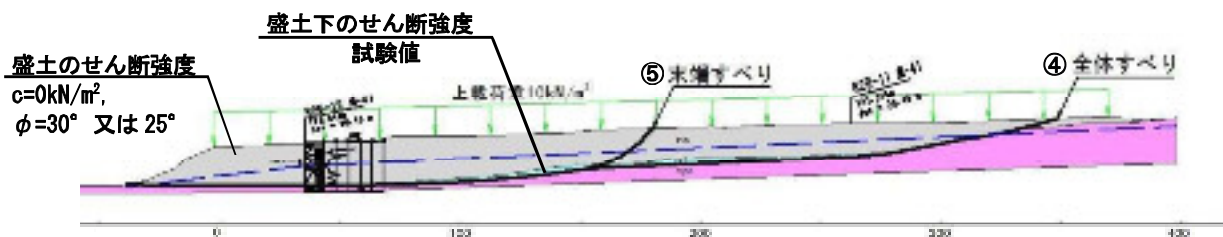


図 6-3-6 安定計算モデルイメージ図 (4)

※ 図 6-3-7 のフローに従い、①～⑤すべり面に対して計算を実施する。

計算ケースの選択フローを図 6-3-7 に示す。

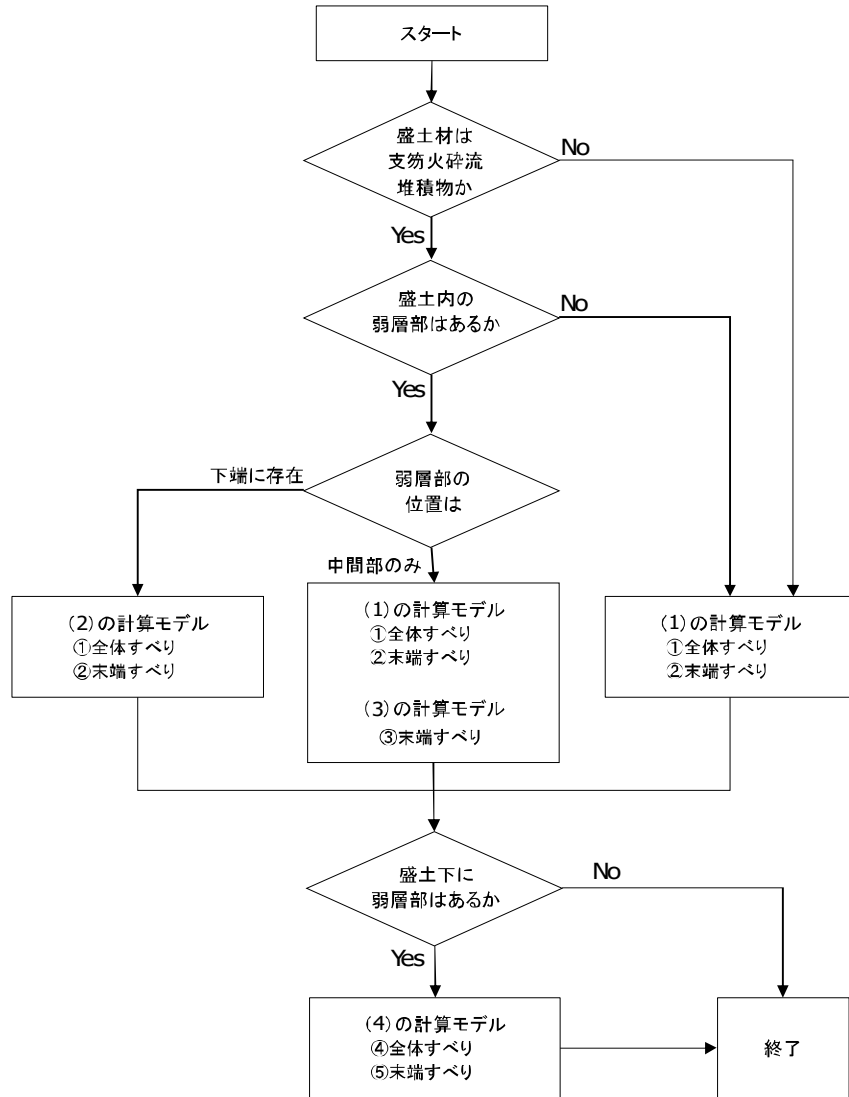


図 6-3-7 安定計算ケースの選択フロー

※ 上記安定計算の他，液状化判定結果の液状化指数値が $PL > 5$ のとき，別途，過剰間隙水圧を考慮した安定計算を行う。

6-4 留意事項

- 盛土末端部が擁壁形状である場合は，現況地形を考慮したモデルを作成し計算する。

6-5 安定計算例

(1) 水平震度を考慮した安定計算例【例】厚-30)



図 6-5-1 平面図 (厚-30) (縮尺：任意)

※全体すべりと先端すべりを必須の検討とし、その他のすべり面は必要に応じて技術者の判断にて設定し、業注者と協議し検討を行う。

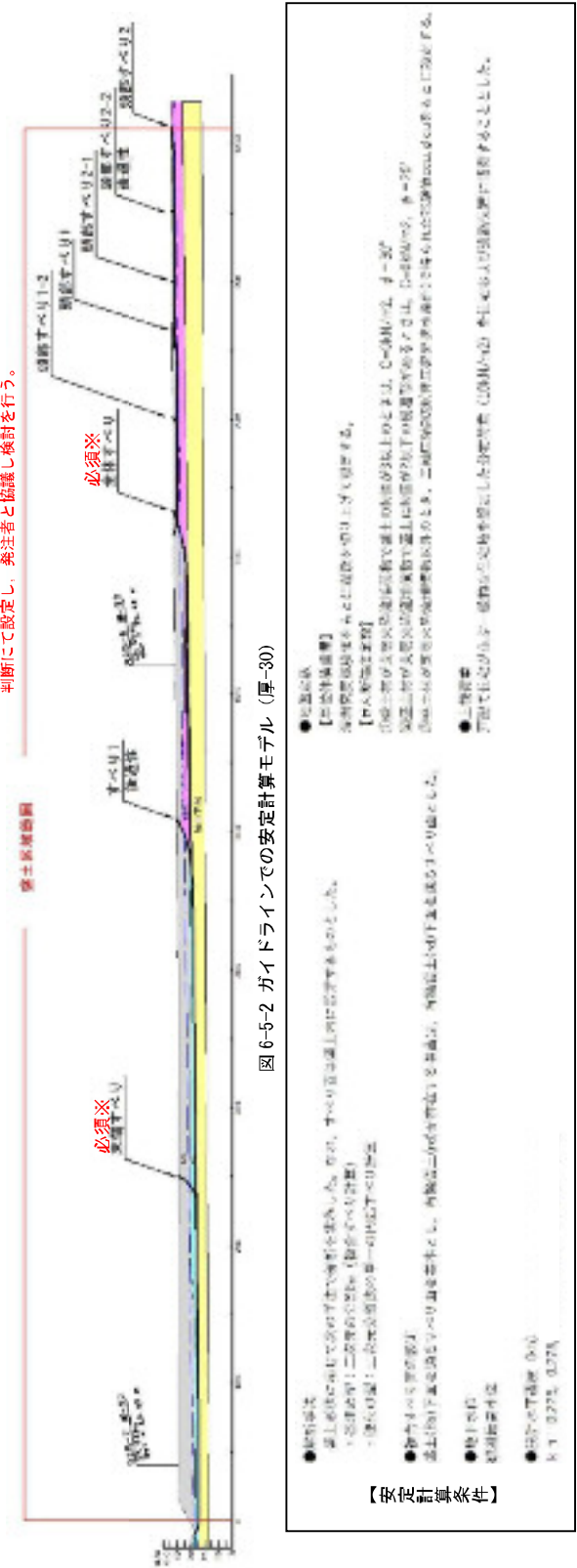


図 6-5-2 ガイドラインでの安定計算モデル (厚-30)

【安定計算条件】

- 計算単位
震土区域の幅員での計算単位を算出した。なお、すべり面は震土域に設定するものとした。
・計算単位：二次元的計算 (断面すべり計算)
・使用土質：二次元的計算用土質 (断面すべり計算)
- 計算すべり面の設定
震土域の幅員を計算すべり面とすると、例題に示す通り断面すべり面とした。
- 計算すべり
断面すべり
断面すべり
断面すべり
断面すべり
- 土質係数
断面すべり
断面すべり
断面すべり
断面すべり

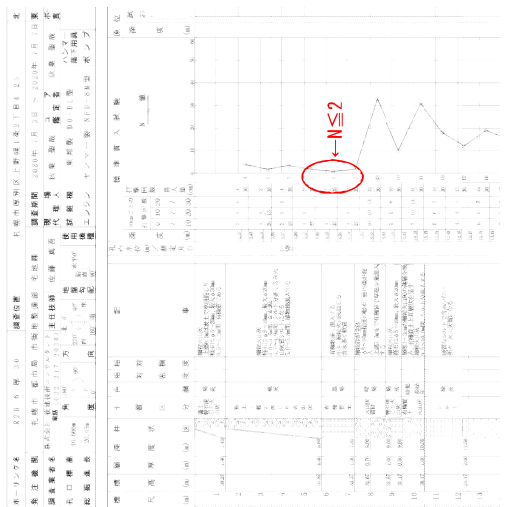
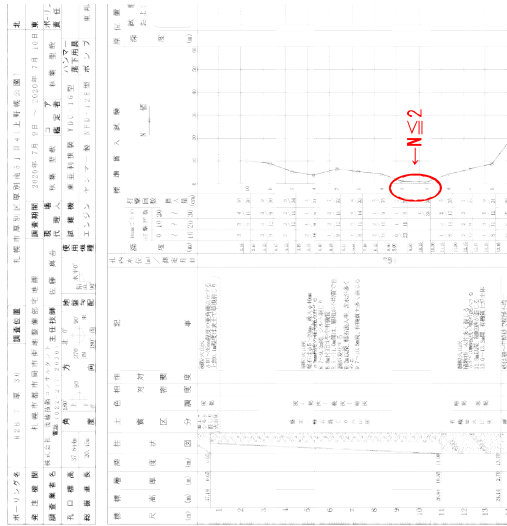


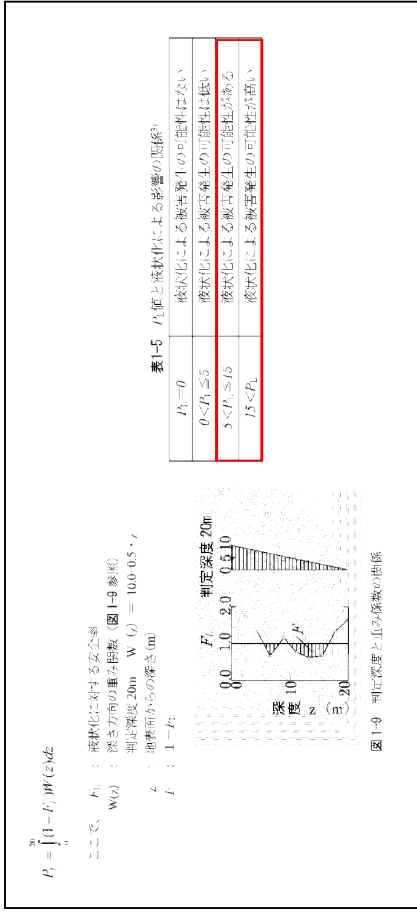
表 6-5-1 安定計算結果一覧表

項目	計算結果	計算結果
断面すべり	0.821	1.515
全体すべり	3.774	1.177
先端すべり	3.844	4.448
断面すべり	0.528	1.666
全体すべり	2.848	1.008
先端すべり	0.578	1.500
断面すべり	0.648	2.574
全体すべり	0.578	2.858
先端すべり	0.642	4.817
断面すべり	0.325	2.858
全体すべり	0.778	2.858
先端すべり	0.648	4.817
断面すべり	0.325	3.100
全体すべり	0.778	2.877
先端すべり	0.648	4.817
断面すべり	0.378	2.877
全体すべり	0.778	2.877
先端すべり	0.648	4.817
断面すべり	0.325	3.100
全体すべり	0.778	2.877
先端すべり	0.648	4.817

※黄色網掛け箇所は地震時安全率1を下回る値を示す。

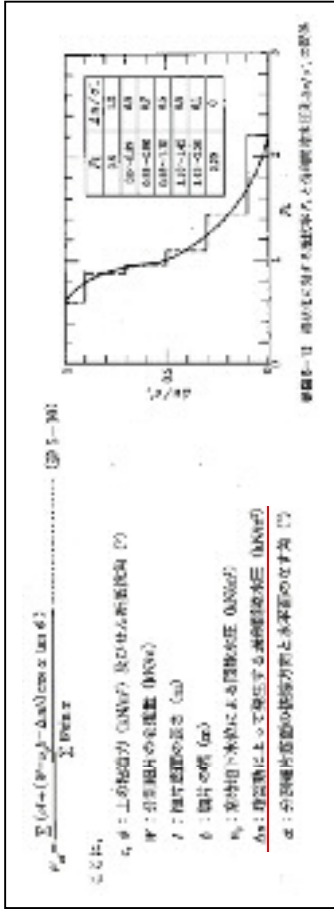
(2) 液状化を考慮した安定計算例

- ① 液状化を考慮した安定計算の実施対象となる条件は下記の通りとする。
- 液状化判定を行い、 P_L 値が5を超えた場合に、液状化を考慮した安定計算を行う。



市街地液状化対策推進ガイドライン 平成 28 年 2 月 国土交通省 (p.11)

- ② 液状化対象層の過剰間隙水圧は、ガイドライン p.1-126 より、道路土工を参考に設定する。
- F_L の値によって、過剰間隙水圧比 ($\Delta u/\sigma_v$) を設定する。



道路土工 軟弱地盤対策工指針 2012 年 8 月 社団法人 日本道路協会 (p.172-173)

- ③ 計算例を示す。
- 今回実施したボーリング箇所 14 地点のうち、 P_L 値 > 5 であった地点は 1 地点 (R2B-3 溝-1) のみである。
- 以下に計算結果を示す。

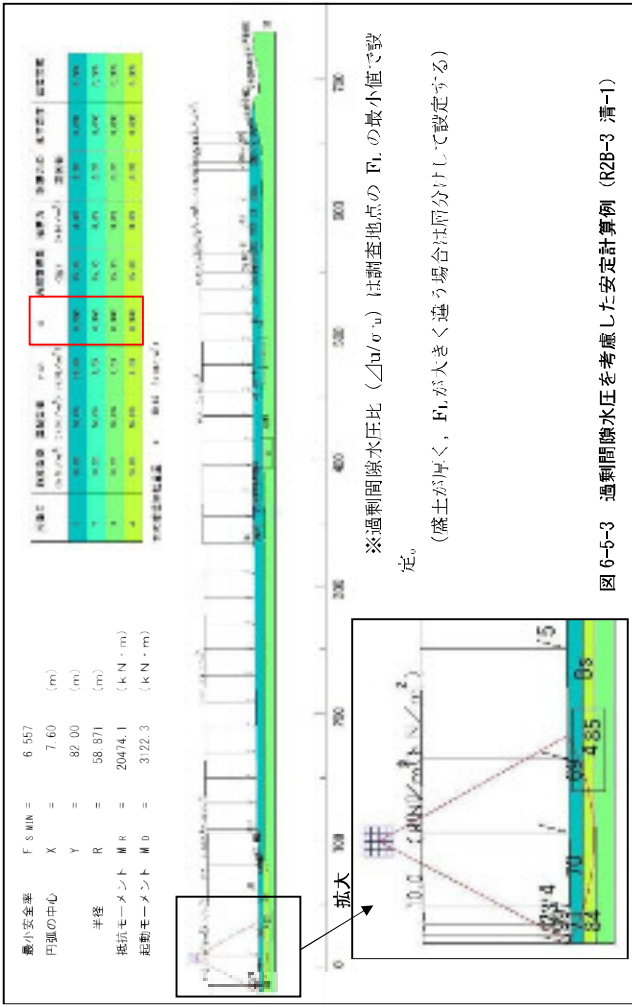


図 6-5-3 過剰間隙水圧を考慮した安定計算例 (R2B-3 溝-1)

安全率は $F.S.=6.557$ であり、1 を大きく上回り、安定であることが確認された。本盛土の末端部はすりつき構造であり、かつ地山の勾配も極めて緩い勾配であるため、大きい安全率を得られたものと考えられる。

表 6-5-2 液状化判定結果 P_L 値・ D_{50} 一覧表

盛土番号	調査地点	調査深度 [m]	調査結果 [g/cm]	盛土厚 [m]	過剰間隙水圧比 [kN/cm]	過剰間隙水圧 [kN/cm]	過剰間隙水圧比 [kN/cm]	P_L 値
溝-14	R2B-1溝-14	7.5	500	7.5	3.0	2.0	0.20	0.02
溝-14	R2B-1溝-14	15.0	511.8	15.0	3.0	3.4	0.28	0.02
溝-1	R2D-2溝-1	7.5	200	7.5	2.8	2.2	0.23	0.02
溝-1	R2D-2溝-1	15.0	211.8	15.0	2.8	3.1	2.15	0.02
溝-1	R2D-2溝-1	22.5	200	22.5	2.9	4.8	2.32	0.02
溝-1	R2D-2溝-1	30.0	211.8	30.0	3.3	4.3	1.13	0.02
溝-3	R2D-3溝-3	7.5	200	7.5	4.0	2.0	0.02	0.02
溝-3	R2D-3溝-3	15.0	211.8	15.0	4.0	3.4	0.18	0.02
溝-3	R2D-3溝-3	22.5	200	22.5	3.5	3.0	0.82	0.02
溝-3	R2D-3溝-3	30.0	211.8	30.0	3.3	3.0	0.31	0.02
盛-41	R2D-11盛-41	7.5	200	7.5	7.0	14.0	2.0	0.02
盛-41	R2D-11盛-41	15.0	211.8	15.0	7.0	11.6	1.8	0.14
盛-41	R2D-11盛-41	22.5	200	22.5	6.0	3.0	0.02	0.02
盛-41	R2D-11盛-41	30.0	211.8	30.0	6.0	3.1	0.83	0.02
盛-11	R2D-13盛-11	7.5	200	7.5	1.0	0.2	0.4	2.33
盛-11	R2D-13盛-11	15.0	211.8	15.0	1.0	0.2	0.4	2.33
盛-11	R2D-13盛-11	22.5	200	22.5	2.0	2.0	0.02	0.02
盛-11	R2D-13盛-11	30.0	211.8	30.0	2.0	2.0	0.02	0.02

200ga | W.5 : 宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針より、「建築基礎構造設計指針」を基本とした場合の最低限の地震動
 278ga | W.7 : 北海道胆振東部地震にて札幌市で観測された最大加速度に基づく地震動

7. 宅地カルテの修正

地質調査後は、地質調査で判明した事項を、宅地カルテに記載する。

記載内容および記載例は下記に示す。

a) 宅地カルテ（第二次スクリーニング計画の作成（1））

（ア）土質地質

- 原地盤材料の確認；盛土下部の原地盤について、ボーリング調査結果から判明している材料に修正する
- 盛土材料の確認；盛土材について、ボーリング調査及び土質試験から判明している材料に修正する

b) 宅地カルテ（第二次スクリーニング計画の作成（2））

（ア）地下水

- その他特記事項；盛土内に地下水位を確認した場合には、その旨を記載する。また地盤調査位置が末端部か、ひな壇部かによって記載を分ける。

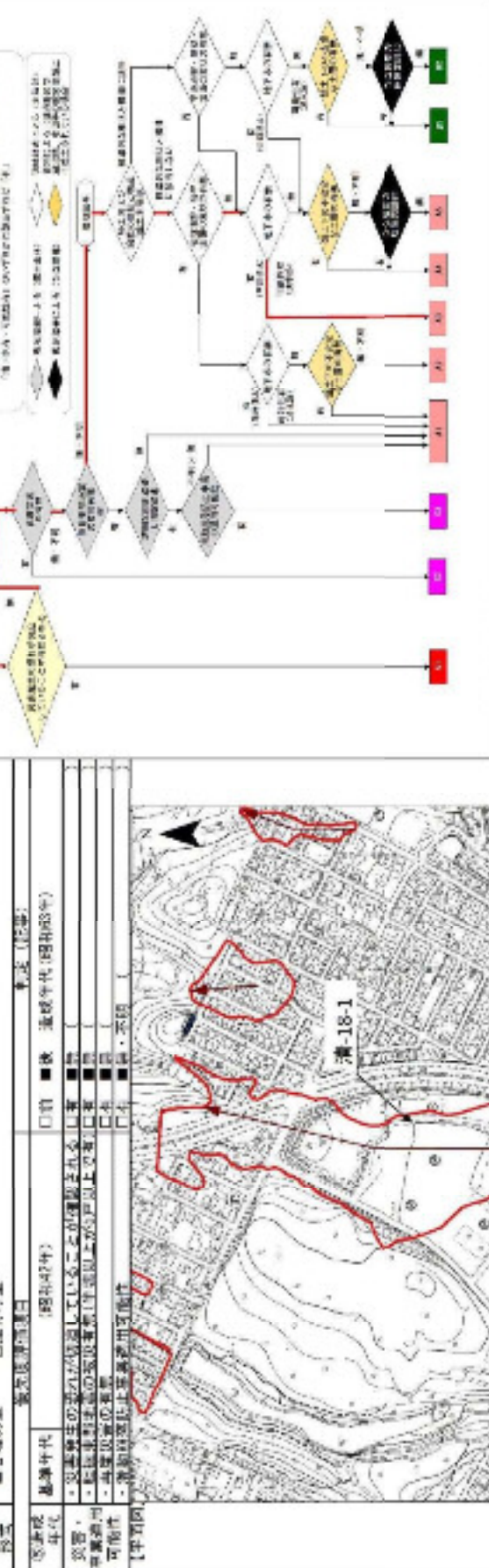
（イ）盛土下の土層状態

- その他特記事項；盛土下に弱層部（N 値 ≤ 2 の腐植土層等）が確認された場合にはその旨を記載する。

宅地カルテ（第二次スクリーニング計画の作成（1））

大塚地区土造成地番号 清-18-1

住所	東京都北区三ヶ丘	調査日時	2019年 6月 27日 16:00	測量日	1日 0.0	2日 0.0	3日 0.0	4日 0.0	5日 0.0			
区画 区画 区画 区画 区画 区画	用途 <input type="checkbox"/> 住宅 <input type="checkbox"/> 商業 <input type="checkbox"/> 工業 <input type="checkbox"/> 公共施設 <input type="checkbox"/> 公園 <input type="checkbox"/> 雑種 <input type="checkbox"/> 未利用地 <input type="checkbox"/> 不明	形状 <input type="checkbox"/> 角形 <input type="checkbox"/> 不規則形 <input type="checkbox"/> 扇形 <input type="checkbox"/> 帯状 <input type="checkbox"/> 線形 <input type="checkbox"/> その他	面積 <input type="checkbox"/> 0.0 <input type="checkbox"/> 0.0 <input type="checkbox"/> 0.0 <input type="checkbox"/> 0.0 <input type="checkbox"/> 0.0 <input type="checkbox"/> 0.0 <input type="checkbox"/> 0.0 <input type="checkbox"/> 0.0	用途 <input type="checkbox"/> 住宅 <input type="checkbox"/> 商業 <input type="checkbox"/> 工業 <input type="checkbox"/> 公共施設 <input type="checkbox"/> 公園 <input type="checkbox"/> 雑種 <input type="checkbox"/> 未利用地 <input type="checkbox"/> 不明	形状 <input type="checkbox"/> 角形 <input type="checkbox"/> 不規則形 <input type="checkbox"/> 扇形 <input type="checkbox"/> 帯状 <input type="checkbox"/> 線形 <input type="checkbox"/> その他	面積 <input type="checkbox"/> 0.0 <input type="checkbox"/> 0.0 <input type="checkbox"/> 0.0 <input type="checkbox"/> 0.0 <input type="checkbox"/> 0.0 <input type="checkbox"/> 0.0 <input type="checkbox"/> 0.0	用途 <input type="checkbox"/> 住宅 <input type="checkbox"/> 商業 <input type="checkbox"/> 工業 <input type="checkbox"/> 公共施設 <input type="checkbox"/> 公園 <input type="checkbox"/> 雑種 <input type="checkbox"/> 未利用地 <input type="checkbox"/> 不明	形状 <input type="checkbox"/> 角形 <input type="checkbox"/> 不規則形 <input type="checkbox"/> 扇形 <input type="checkbox"/> 帯状 <input type="checkbox"/> 線形 <input type="checkbox"/> その他	面積 <input type="checkbox"/> 0.0 <input type="checkbox"/> 0.0 <input type="checkbox"/> 0.0 <input type="checkbox"/> 0.0 <input type="checkbox"/> 0.0 <input type="checkbox"/> 0.0 <input type="checkbox"/> 0.0	用途 <input type="checkbox"/> 住宅 <input type="checkbox"/> 商業 <input type="checkbox"/> 工業 <input type="checkbox"/> 公共施設 <input type="checkbox"/> 公園 <input type="checkbox"/> 雑種 <input type="checkbox"/> 未利用地 <input type="checkbox"/> 不明	形状 <input type="checkbox"/> 角形 <input type="checkbox"/> 不規則形 <input type="checkbox"/> 扇形 <input type="checkbox"/> 帯状 <input type="checkbox"/> 線形 <input type="checkbox"/> その他	面積 <input type="checkbox"/> 0.0 <input type="checkbox"/> 0.0 <input type="checkbox"/> 0.0 <input type="checkbox"/> 0.0 <input type="checkbox"/> 0.0 <input type="checkbox"/> 0.0 <input type="checkbox"/> 0.0



【土質調査の特長】
 土質調査は、地盤の強度、耐力、含水率などを調査することにより、地盤の性状を把握し、適切な設計を行うための重要な調査手段です。また、地盤の性状を把握することで、地盤の改良が必要な箇所を特定することができ、地盤の改良工法の選定にも役立ちます。

【地盤調査】
 地盤調査は、地盤の強度、耐力、含水率などを調査することにより、地盤の性状を把握し、適切な設計を行うための重要な調査手段です。また、地盤の性状を把握することで、地盤の改良が必要な箇所を特定することができ、地盤の改良工法の選定にも役立ちます。

【地盤改良】
 地盤改良は、地盤の強度、耐力、含水率などを調査することにより、地盤の性状を把握し、適切な設計を行うための重要な調査手段です。また、地盤の性状を把握することで、地盤の改良が必要な箇所を特定することができ、地盤の改良工法の選定にも役立ちます。



要 約 書

末端部

ひな壇

塩化亜鉛汚染項目		判定（記事）	塩化亜鉛汚染項目		判定（記事）
①	塩土のり面勾配	■許容値 □標準値 □配 (35%) ()	・のり面、橋壁の形状と傾斜	□許容値 ■標準値 ()	
	・小段の設置	■許容値 □標準値 □配 (7) m, 段数 (0) 段, ()	・ひな壇部の材料 (おむた)	□許容値 ■標準値 (1.5段) ()	
	・のり面保護工の設置	□許容値 ■標準値 ()			
	・隔壁擁壁の透水性	隔壁構造ではない			
	・その他特記事項	()	・その他特記事項	()	
②	架地地盤・亀裂、沈下、陥凹	□有 ■無 ()	架地地盤・亀裂、沈下、陥凹	□有 ■無 ()	
	・隔壁とその基礎の状況	□有 ■無 ()	・隔壁とその基礎の状況	□有 ■無 ()	
	・隔壁背面の状況	□有 ■無 ()	・隔壁背面の状況	□有 ■無 ()	
	・隔壁の傾斜状態	□有 ■無 ()	・隔壁の傾斜状態	□有 ■無 ()	
	・ガリ現象	□有 ■無 ()	・ガリ現象	□有 ■無 ()	
	・基礎の不均又は凹凸	□有 ■無 ()	・基礎の不均又は凹凸	□有 ■無 ()	
	・亀裂	□有 ■無 ()	・亀裂	□有 ■無 ()	
	・排水工の状況	□有 ■無 ()	・排水工の状況	□有 ■無 ()	
	・必要設備	□有 ■無 ()	・必要設備	□有 ■無 ()	
	・材料がり	□有 ■無 ()	・材料がり	□有 ■無 ()	
	・運搬の状況	□有 ■無 ()	・運搬の状況	□有 ■無 ()	
	・その他特記事項	()	・その他特記事項	()	
③	・橋上法基からの湧水	□有 ■可溶性者 □無 □不可溶性者 ■無 ()	・橋上法基からの湧水	□有 ■可溶性者 ■無 ()	
	・調整水抜き穴からの異常的な出水	□有 ■可溶性者 ■無 ()	・調整水抜き穴からの異常的な出水	□有 ■可溶性者 ■無 ()	
	・排水工や擁壁の異常的な湧り	□有 □可溶性者 ■無 ()	・排水工や擁壁の異常的な湧り	□有 □可溶性者 ■無 ()	
	・塩土のり戻積水の浸透	□有 □可溶性者 ■無 ()	・塩土のり戻積水の浸透	□有 □可溶性者 ■無 ()	
	・排水工目地・亀裂からの地下湧水	□有 ■無 ()	・排水工目地・亀裂からの地下湧水	□有 ■無 ()	
	・既存井戸水	□有 ■無 ()	・既存井戸水	□有 ■無 ()	
	・留土上ゲレージの湧り	□可溶性者 ■無 ()	・留土上ゲレージの湧り	□可溶性者 ■無 ()	
	・水を好む層生の湧り	■可溶性者 □無 □不可溶性者 ■無 ()	・水を好む層生の湧り	■可溶性者 □無 □不可溶性者 ■無 ()	
	・その他特記事項	(地盤調査で留土内に地下水位を確認した)	・その他特記事項	()	
④	・留土周辺の埋戻し、調整土	□有 □無 ■不明 ()	・留土周辺の埋戻し、調整土	□有 □無 ■不明 ()	
	・留土周辺の浮揚粘性土	□有 □無 ■不明 ()	・留土周辺の浮揚粘性土	□有 □無 ■不明 ()	
	・留土周辺の沖積層状砂質土	□有 □無 ■不明 ()	・留土周辺の沖積層状砂質土	□有 □無 ■不明 ()	
	・その他特記事項	(P-1リング調査で留土下に軟弱部 (調査2) を確認した)	・その他特記事項	()	
その他	・留土のり戻の調整池・ため池	□有 ■無 ()	・留土のり戻の調整池・ため池	□有 ■無 ()	
	・集水地帯上の盛土	■有 □無 ()	・集水地帯上の盛土	■有 □無 ()	

8. 第二次スクリーニング実施の必要性の判断

第二次スクリーニング実施の必要性の判断の日安としては前述、図 4-1-1 地盤調査および安定性評価フローに従うことを基本とするが、「社会資本整備総合交付金事業 令和 2 年度 大規模盛土造成地変動予測調査業務（その 1~4）」で上記フローに従い調査した結果、胆振東部地震による建物被害集中箇所や被災した大規模盛土造成地と類似した現地条件（地下水位や地盤変状等）をもつ箇所であり、滑動崩落の危険度が高いことが想定される箇所は安全率 1.0 を満足する結果となった。

以上のことから、第二次スクリーニング実施の必要性判断においては図 4-1-1 地盤調査および安定性評価フローによる判断のみならず、下記の条件に一つでも該当する場合は第二次スクリーニング実施の必要性について検討することが必要である。

- ① 地震時安全率 1.2 未満
- ② 地下水位（GL-3.0 以浅）
- ③ 盛土区域内に胆振東部地震における建物被害（全壊，大規模半壊，半壊）が 5 戸以上
- ④ 盛土末端側に弱層部（N 値 \leq 2）が有る

9. 次年度への課題

【追加調査が必要な盛土について】

第二次スクリーニング計画段階では、本地盤調査マニュアル（案）をもとに地盤調査および簡易安定性評価を行い、第二次スクリーニングに進むかどうかを判断する。しかし、調査箇所は基本的に本沢であり、枝沢での調査は必ずしも実施されるものではないことから、盛土形状や地下水位状況によっては第二次スクリーニングに進むべき盛土を見落とす可能性があると思われる。そこで、簡易安定性評価の結果、「経過観察」と判断された盛土に対して、下記の条件に該当する場合は追加調査の実施を検討することとする。

- ・調査済みの谷筋と明らかに別の沢の場合

【理由】調査済みの滑動ブロックとは別の挙動となると考えられるため。

- ・枝沢の優先度評価が A ランクの場合

【理由】枝沢でも「末端部が標準的な形状と構造に該当しない」又は「末端部に変状あり」又は「地下水あり」のいずれかに該当するため、追加調査が必要と考えられる。

- ・枝沢の優先度評価が B ランクだとしても本沢の地下水位が高い（例：GL-3.0m より高い）場合

【理由】本沢の地下水位が高い場合、枝沢の地下水位も高いことが想定されるため。

- ・枝沢の優先度評価が B ランクだとしてもひな壇部の傾斜が急な場合

【理由】 先行地区の清田中央地区において、地下水位が低い場合でも傾斜が急な場合に安全率が1を下回るケースがあったため、現地踏査時にひな段部の傾斜が急と判断されたものについて追加調査をした方がいいと思われる。



図9-1-1 ガイドラインでの安定計算モデル（厚-30）