## 3.3　ダム軸周辺仮設法面対策工設計の検証計算

前節では、平成 30 年 3 月までの計測データ及び調査結果に基づき 2017 年 12 月上旬に生じたひずみ計の変位増加に対する対策工設計を実施した。

本検討では、その後並行して実施していたボーリング調査及び追加設置した地下水位計の情報を基に、ダム軸周辺仮設法面対策工の検証計算を実施した。

### 3.3.1　すべり面及び地下水位分布の見直し

(1)　すべり面の見直し

追加調査ボーリング No.9 孔においては、深度 16.20m～16.30m と深度 22.50m～22.60m にかけて破砕部が認められ、その破砕部より下位では概ね新鮮で硬質なコア性状が認められることから、それらの深度がすべり面であると考えられる。

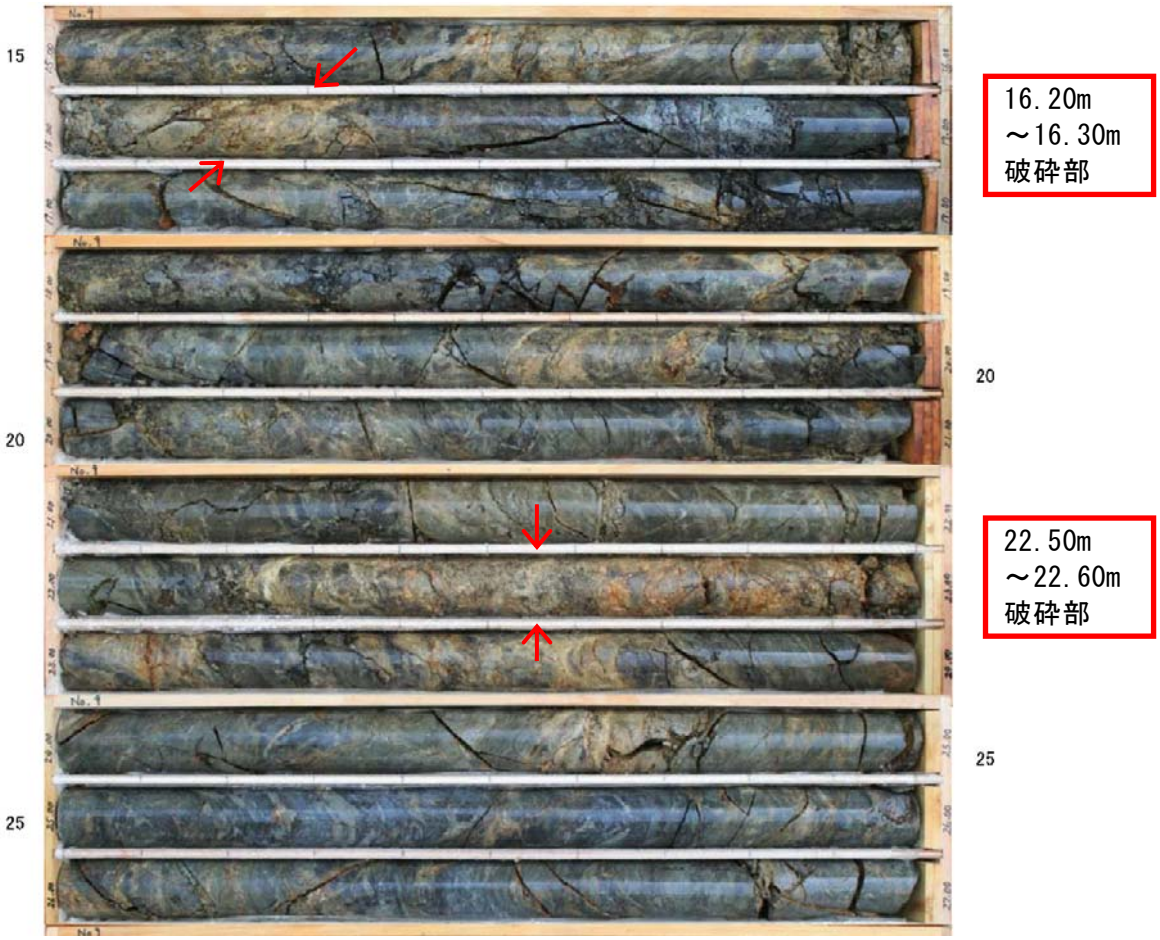



図- 3.3.1　No.9 孔におけるすべり面付近のコア写真

追加調査ボーリング No.10 孔においては、深度 14.90m～15.00m にかけて破砕部が認められ、その破砕部より上位では割れ目の褐色化が認められることから、14.90m～15.00m の破砕部がすべり面であると考えられる。

また、深度 18.25m～18.35m に F-19 断層が分布しており、F-19 断層を境にして岩盤性状（割れ目の発達状況）が大きく異なるため、すべり面の可能性がある。

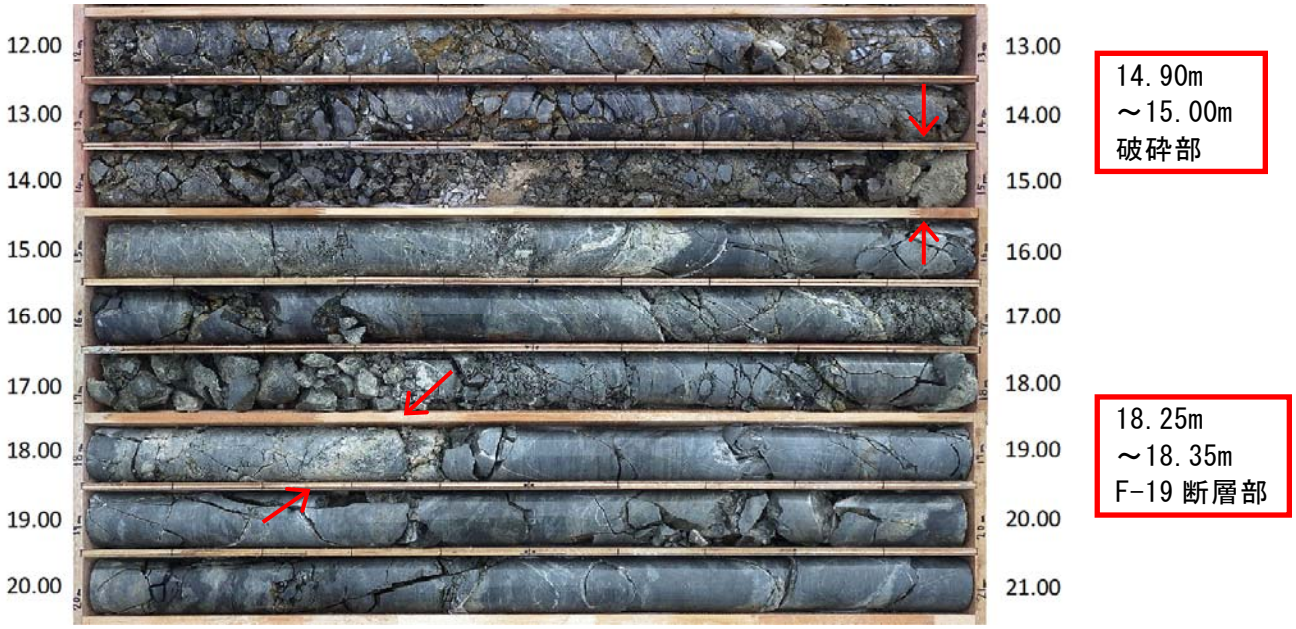



図- 3.3.2　No.10 孔におけるすべり面付近のコア写真

以上を踏まえて、本検討では、図- 3.3.7 に示すすべり線によって変位が生じたと想定し、法面対策工検討を行うこととした。

(2) 地下水位分布の見直し

これまで左岸頂部では、5 段目斜面(EL.156m-163m)及び 6 段目斜面(EL.149m-156m)の間の小段部(EL.156m)に設置された地下水位計 No.6 の計測結果に基づき、下図に示すように深度が一様となるよう水位線を設定し、検討してきた。

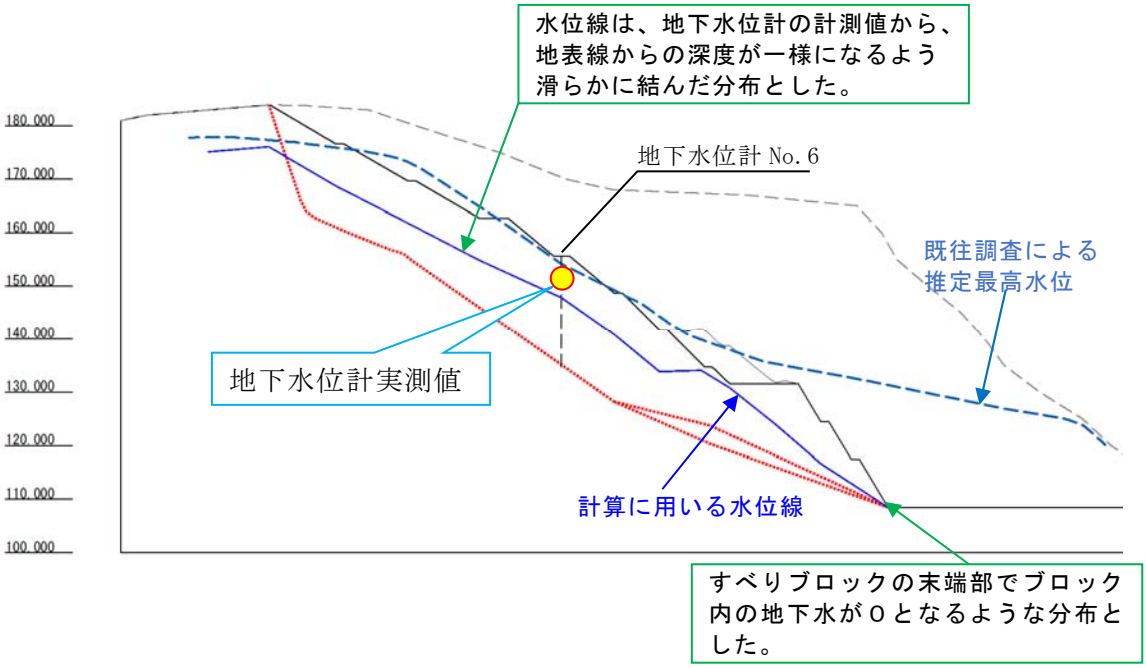



図- 3.3.3 地下水位分布の考え方

しかし、平成 30 年 3 月末より設置された地下水位計 No.8 の計測結果を確認すると、全体的に No.6 部よりも地表面からの深度は大きいことが確認された。

また、一時的な水位上昇についてはひずみ計 No.6 部のみが上昇するような場合も認められるが、ひずみ計 No.8 部も水位上昇する際の概ねの水位上昇は 1:1 の関係があり、ひずみ計 No.8 の方だけが一方的に水位上昇するような状況は確認されていない。

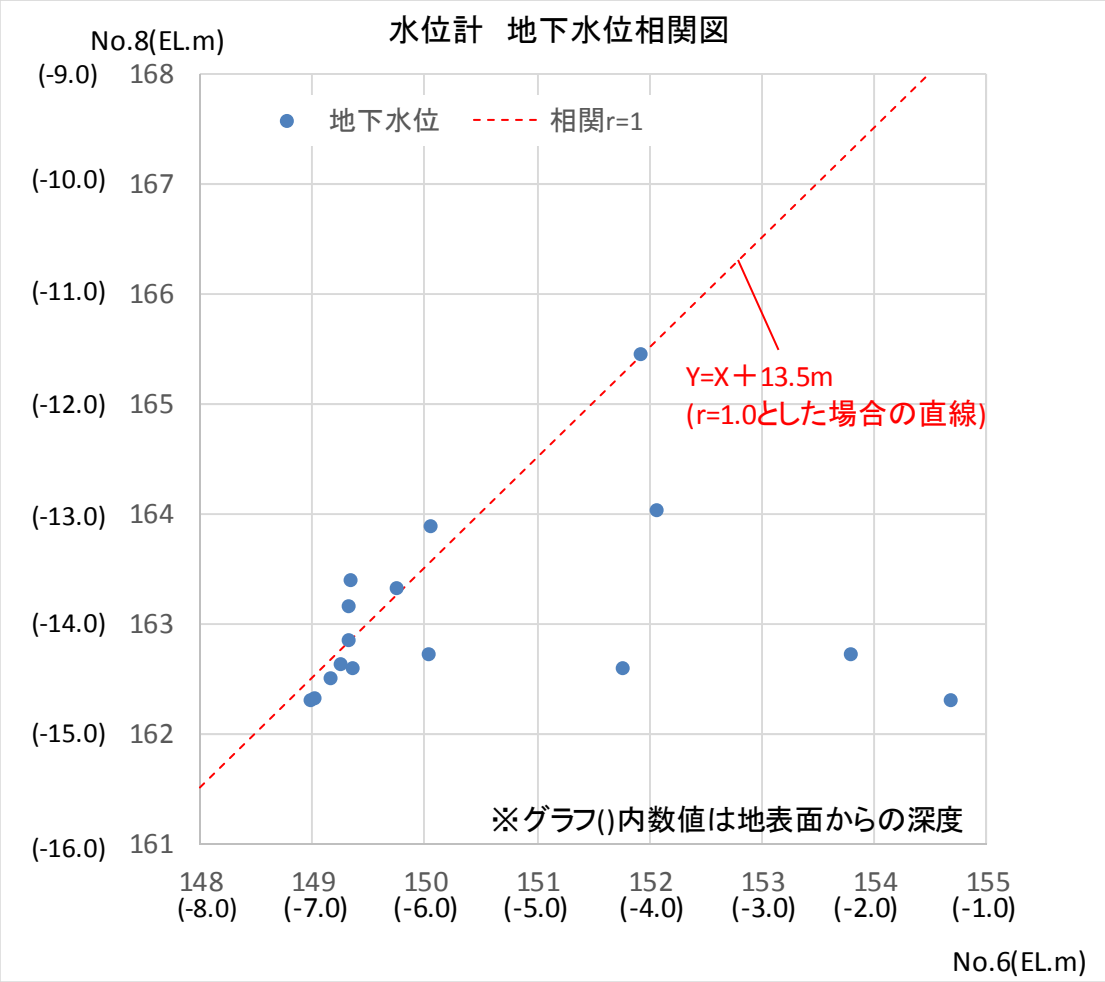



図- 3.3.4　地下水位計水位相関図

上記状況を踏まえて、本検討では、次頁に示す水位分布を想定して検証計算を実施することとした。

なお、上図の地下水位 No.6 と地下水位 No.8 の水位差 13.5m は検討時点のデータ蓄積量が少ないことから、概ねの目安値として設定したものであり、今後データの蓄積に併せて確認を行うことが望ましい。

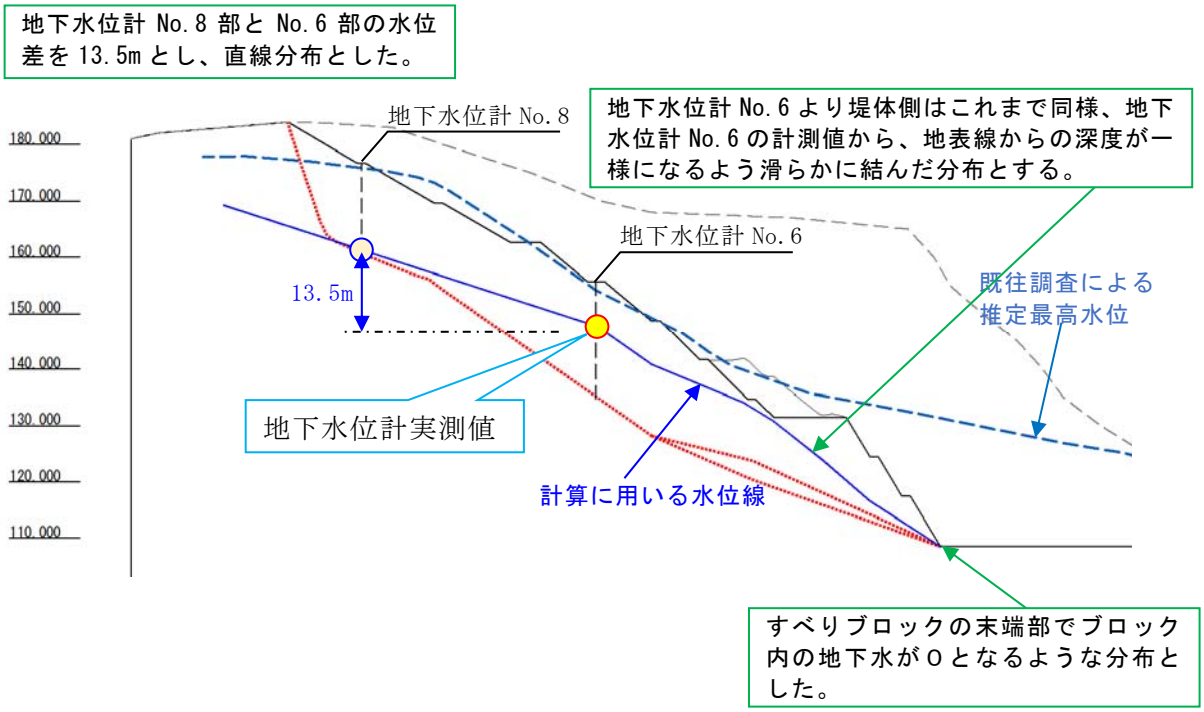



図- 3.3.5　本検討における地下水位分布の考え方

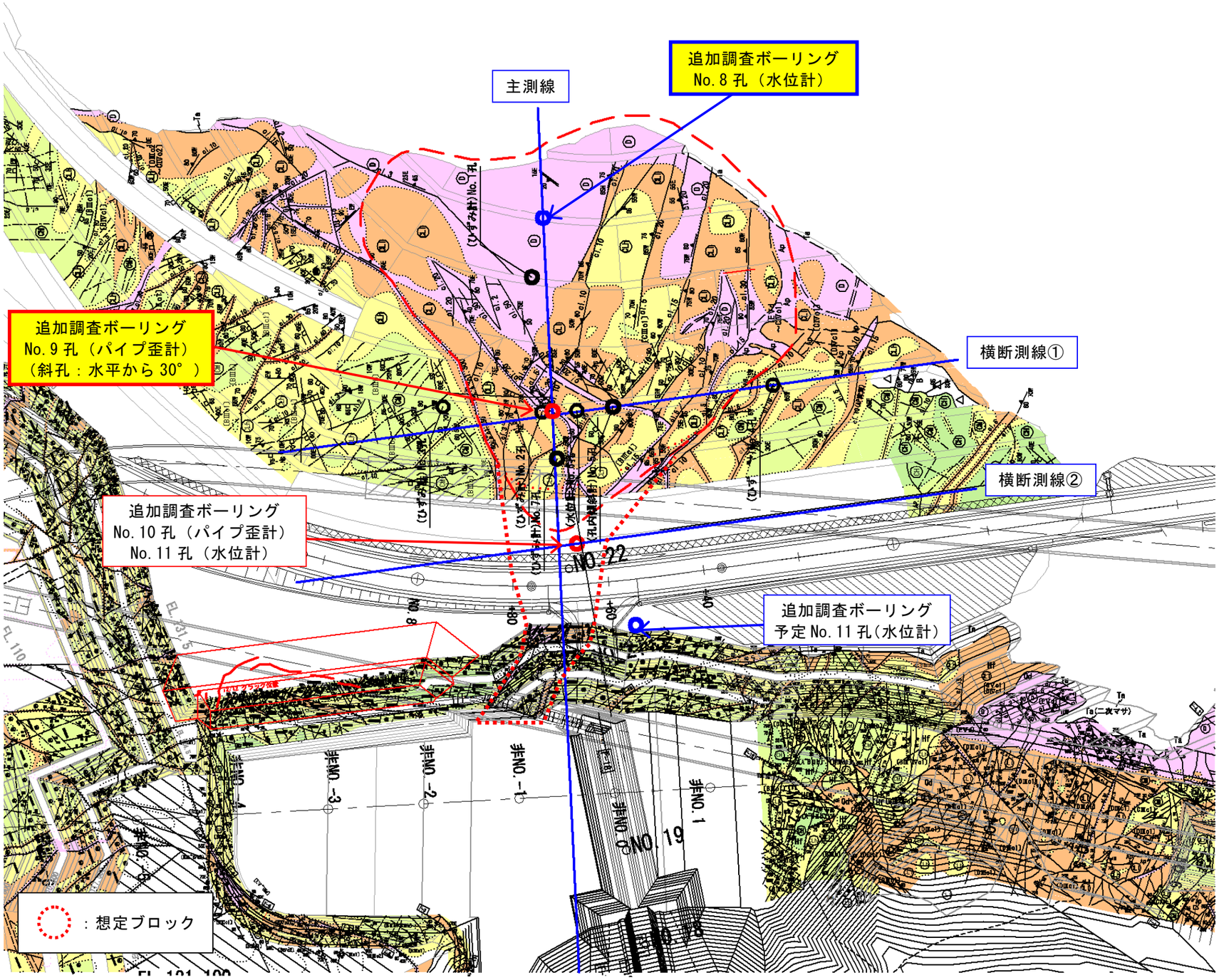



図- 3.3.6　左岸頂部周辺調査位置図（追加実施した位置を黄色着色）

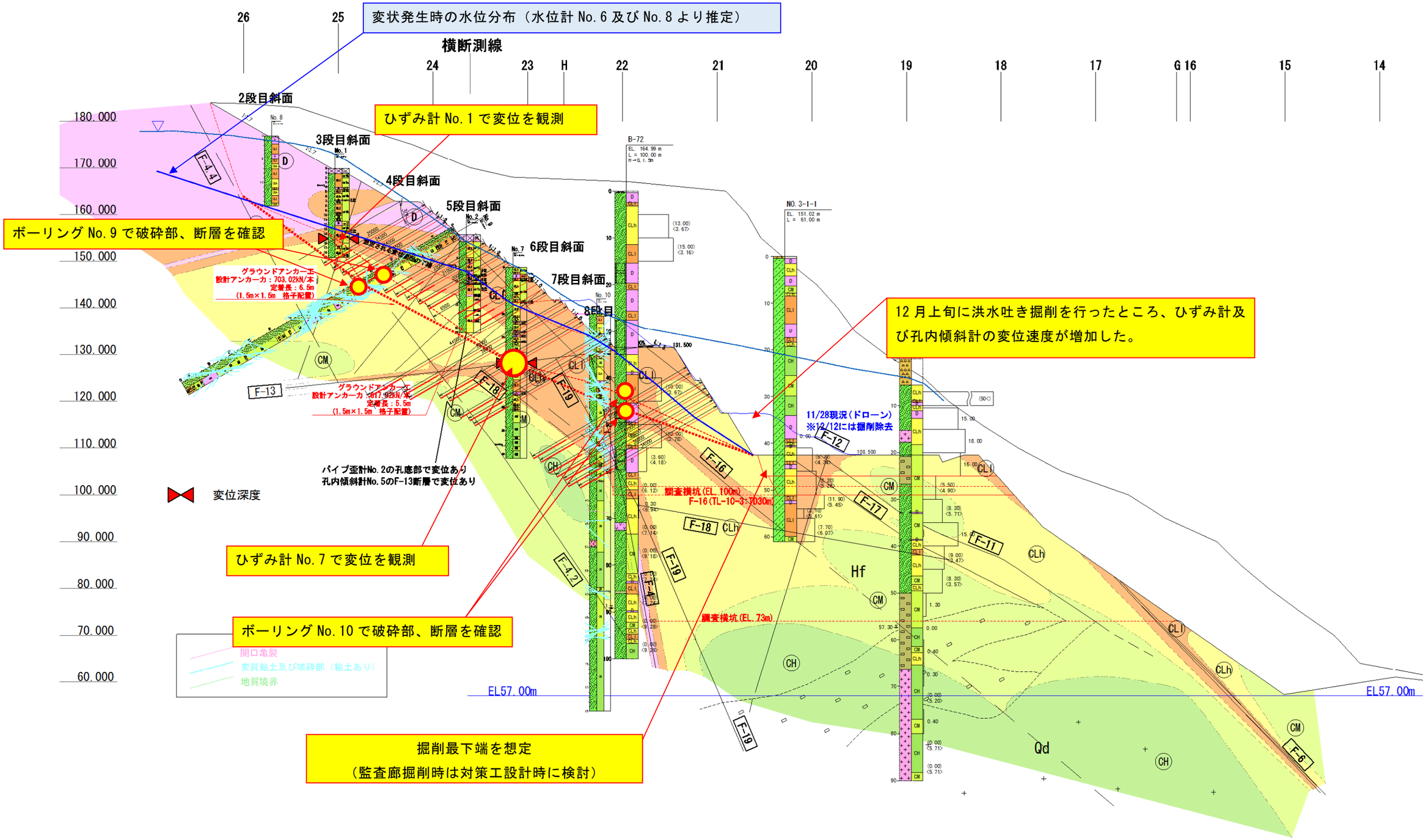



図- 3.3.7　左岸頂部及びダム軸周辺仮設法面断面図（主測線断面）

# 左岸頂部　ひずみ計(No.1,No.7)及び孔内傾斜計(No.5)重ね合わせ図

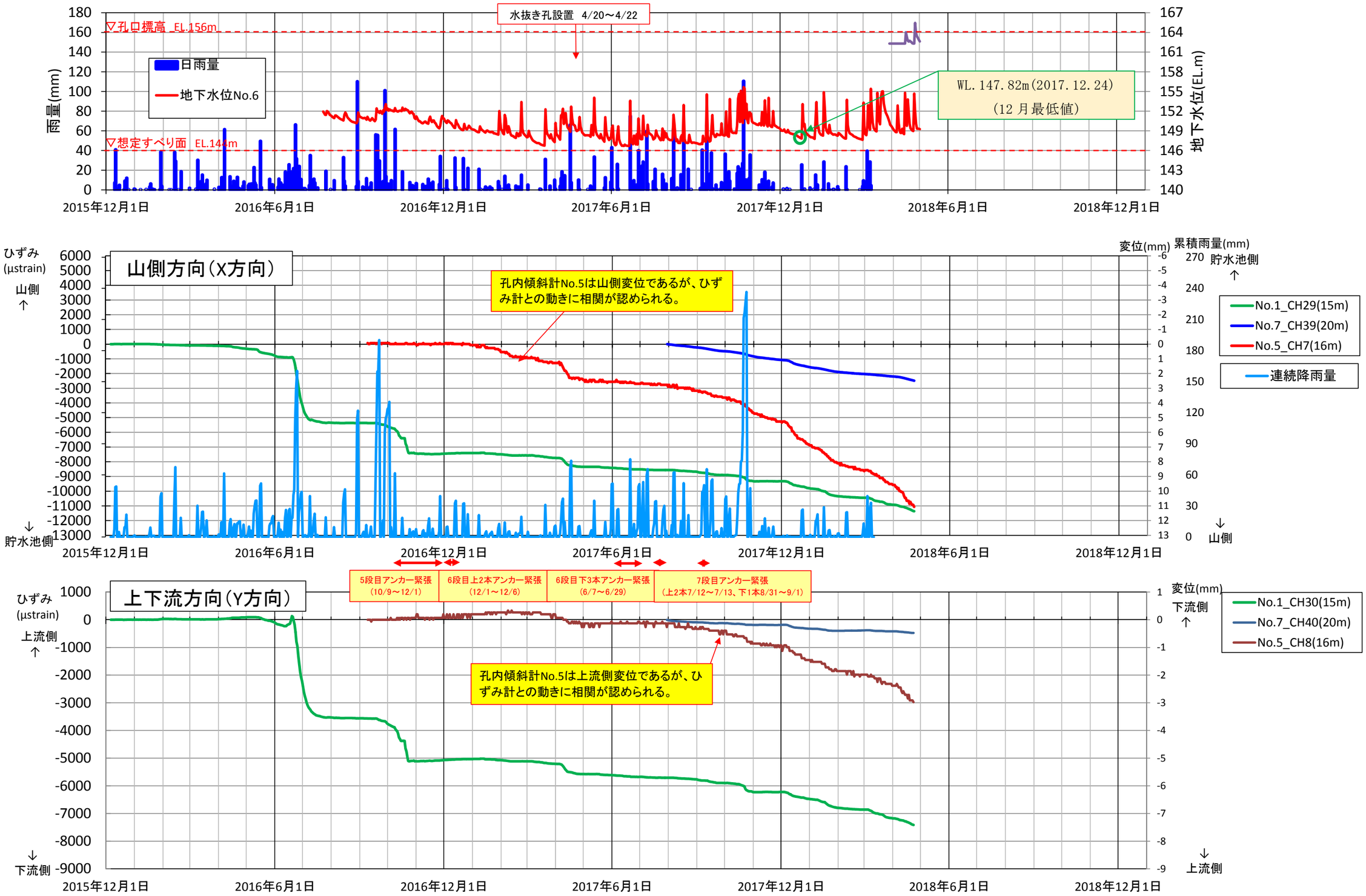



図- 3.3.8　左岸頂部　ひずみ計(No.1,No.7)及び孔内傾斜計(No.5)重ね合わせ図

### 3.3.2 法面対策工検証計算

(1) 対策工の選定

想定されるすべりは厚みが 10m 以上あり、鉄筋挿入工や法枠工のような表層の対策工ですべりブロックを抑制することは困難である。

また、杭工を採用した場合、アンカー工よりも経済性に劣るとともに全体的に多くの工期を要する。そこで本検討ではアンカー工による検討を基本とする。

(2) 安定解析方法

検討にあたっては、「貯水池周辺の地すべり調査と対策に関する技術指針（案）」に基づき、掘削面で確認されたすべり面を対象として、下式を用いた式により行った。

$$\mathrm{P.Fs} \leqq \frac{\sum (N-U)\cdot \tan\phi' + c'\sum L + P}{\sum T} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.1)$$

ここに，

P.Fs：計画安全率

$N$：各スライス（分割片）に作用する単位幅あたりのすべり面法線方向分力（kN/m）

$T$：各スライスに作用する単位幅あたりのすべり面接線方向分力（kN/m）

$U$：各スライスに作用する単位幅あたりの間隙水圧（kN /m）

$L$：各スライスのすべり面の長さ（m）

$\phi'$：すべり面の内部摩擦角（°）

$c'$：すべり面の粘着力（kN /m$^2$）

$P$：対策工によって与えられる抑止力（kN/m）

出典：貯水池周辺の地すべり調査と対策に関する技術指針（案）・同解説、平成 21 年 7 月、国土交通省河川局治水課、P.5-5

(3) 物性値の検討

斜面対策検討にあたり、地すべりブロックの物性値を検討した。

1) 検討方針

地すべりブロックの物性値設定にあたっては、以下の方針で検討を行うこととした。

・物性値は、地すべりブロックで一様な物性値とする。

・地すべりブロックの湿潤重量及び飽和重量はこれまで$\gamma_t$=18kN/m$^3$としていたが、本検討においてはダム天端以下のCL1級以上の岩盤を対象としていること、単位体積重量を大きめに設定する方が設計上安全側となることから、CL1級岩盤と同値とする。

・地すべりブロックの粘着力は、「貯水池周辺の地すべり斜面と対策に関する技術指針(案)・同解説、国土交通省 河川局治水課、平成21年7月」に基づき、地すべりブロックの層厚に対応する強度を設定する。

・内部摩擦角については、逆計算により決定する。

**表- 3.3.1 各岩級の物性値**

| | 崖錐 | D級岩盤 | CL1級岩盤 | 地すべりブロック |
|---|---|---|---|---|
| 湿潤重量 (kN/m$^3$) | 18.0 | 19.0 | 20.0 | 20.0 |
| 飽和重量 (kN/m$^3$) | 19.0 | 20.0 | 21.0 | 21.0 |
| 粘着力c (kN/m$^2$) | 10 | 50 | 500 | 層厚より設定 |
| 内部摩擦角 φ(°) | 30 | 34 | 40 | 逆計算による |
| 出典 | H21転流工積算 | H18実施設計 (H8試験値) | H18実施設計 (H9試験値) | |

2) 検討ケースの抽出

a) 掘削形状

まとまった降雨が認められていないにも関わらず、非常用洪水吐き導流部の掘削完了時に変位速度の増加した 2017 年 12 月上旬の状況を再現することとした。

b) すべり線の設定

すべり線は、ボーリング No.10 の結果断層が２箇所で確認されたが、現時点では、どちらで変位が生じているかが不明であることから、２箇所のそれぞれを通るすべり線を設定した（a,b と称する）。

また、ボーリング No.9 で無構造の破砕部が 2 箇所確認されたが、上記同様２箇所のそれぞれを通るすべり線を設定した（①,②と称する）。なお、浅い側のすべり線①はひずみ計 No.1 でのひずみ発生箇所と No.7 でのひずみ発生箇所を直線的に結んだ位置と概ね一致しているが、深い側のすべり線②は、ひずみ計 No.1 のひずみ発生箇所より深部であることから、No.1 ひずみ計よりも低標高部を通るすべり線を想定することとした。

物性値の検討における設定すべり線を示す。

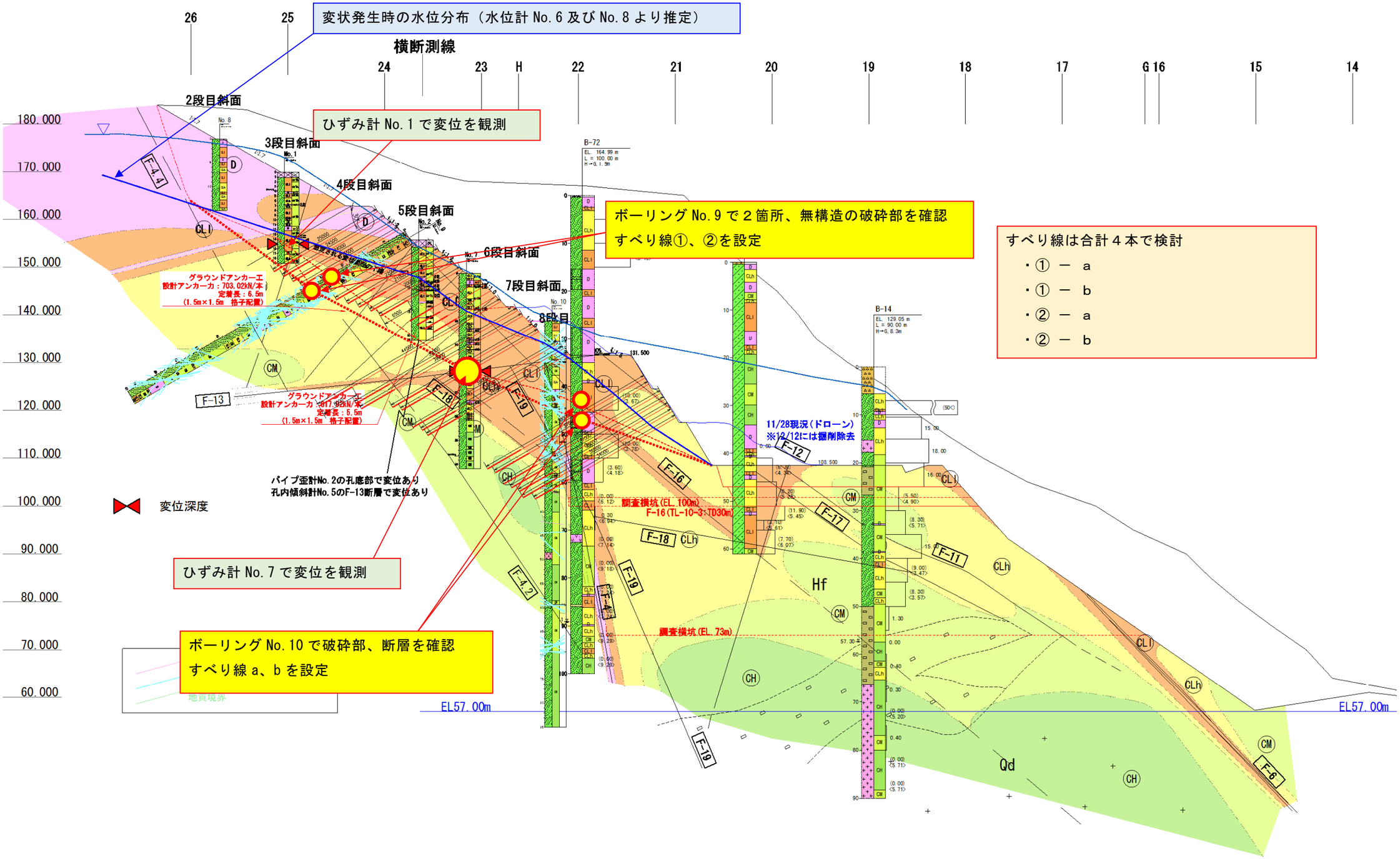



図- 3.3.9　物性値の検討におけるすべり線の設定

3)　現況安全率

2017 年 12 月上旬時点での現状安全率は、ひずみ計の累積速度より $Fs_0$=0.98 とした。

表- 3.3.2　現況安全率の目安

| 地すべり等の変状 | 計測調査による変動種別＊) | 湛水前の安全率の目安 |
|---|---|---|
| 1)現在変動中，主亀裂・末端亀裂発生 | 変動 A：活発に変動中 | $Fs_0$＝0.95 |
| | 変動 B：緩慢に変動中 | $Fs_0$＝0.98 |
| 2)地表における変動の徴候(亀裂の発生等)は認められない | 変動 C：<br>変動量は非常に小さい（変動 C 未満）が，累積性が認められ地すべりによる変動の可能性が高い。 | $Fs_0$＝1.00 |
| 3)変動の徴候は認められない | 変動 D | $Fs_0$＝1.05 |

出典：貯水池周辺の地すべり斜面と対策に関する技術指針(案)・同解説、P. 4-6

表- 3.3.3　地すべりの変状状態の目安

(c)　ひずみ変動の程度

| 変動種別 | 累積変動値(μ/月) | 変動形態 | | すべり面存在の地形・地質的可能性 | 活動性等 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 累積傾向 | 変動状態 | | |
| 変動 A | 5,000μ以上 | 顕著 | 累積変動 | あり | 顕著に活動している岩盤～崩積土地すべり |
| 変動 B | 1,000μ以上 | やや顕著 | 〃 | 〃 | 緩慢に活動している地すべり |
| 変動 C | 100μ以上 | ややあり | 累積<br>断続<br>かく乱<br>回帰 | 〃 | すべり面の存在有無を断定できないため，継続観測が必要 |
| 変動 D | 1,000μ以上<br>(短期間) | なし | 断続<br>かく乱<br>回帰 | なし | すべり面なし<br>地すべり以外の要因 |

出典：実用　地盤調査技術総覧　「第 2 章　地滑り・岩盤崩壊」
（地盤調査技術総覧編集委員会　平成 19 年 2 月　P610）

4)　地下水位の設定

地下水位は、地下水位計 No.6 による朝 9 時の計測値を用いることとし、物性値検討に用いる地下水位は、WL.147.82m(2017.12.24 記録、12 月最低値)とした。また、地下水分布は、前述のとおり、地下水位計 No.6 より堤体側は深度一様、山側は地下水位計 No.8 部において＋13.5m とした。

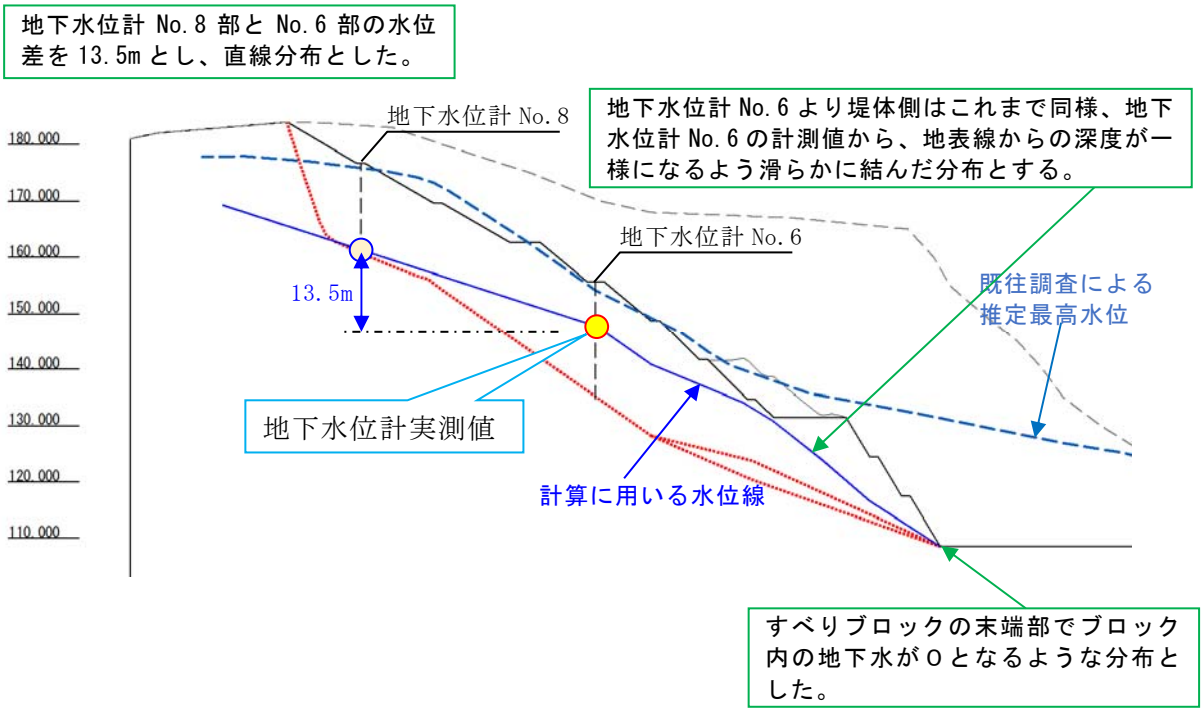



図- 3.3.10　地下水位分布の考え方

5)　グラウンドアンカー工による効果

本検討で想定したすべり面はこれまで検討してきた左岸頂部法面対策工のすべり面より深く（既往アンカーは永久法面であるダム天端以上に存在するすべり面に対して設計したものであり、一時的に天端以下を掘削した状態の仮設法面に対するものではない)､左岸頂部に既に配置されているグラウンドアンカーの定着部よりも深部あるいは定着部途中に存在する。

そのため、本検討では安全側の検討として、既設グラウンドアンカー工による効果は考慮しないこととした。

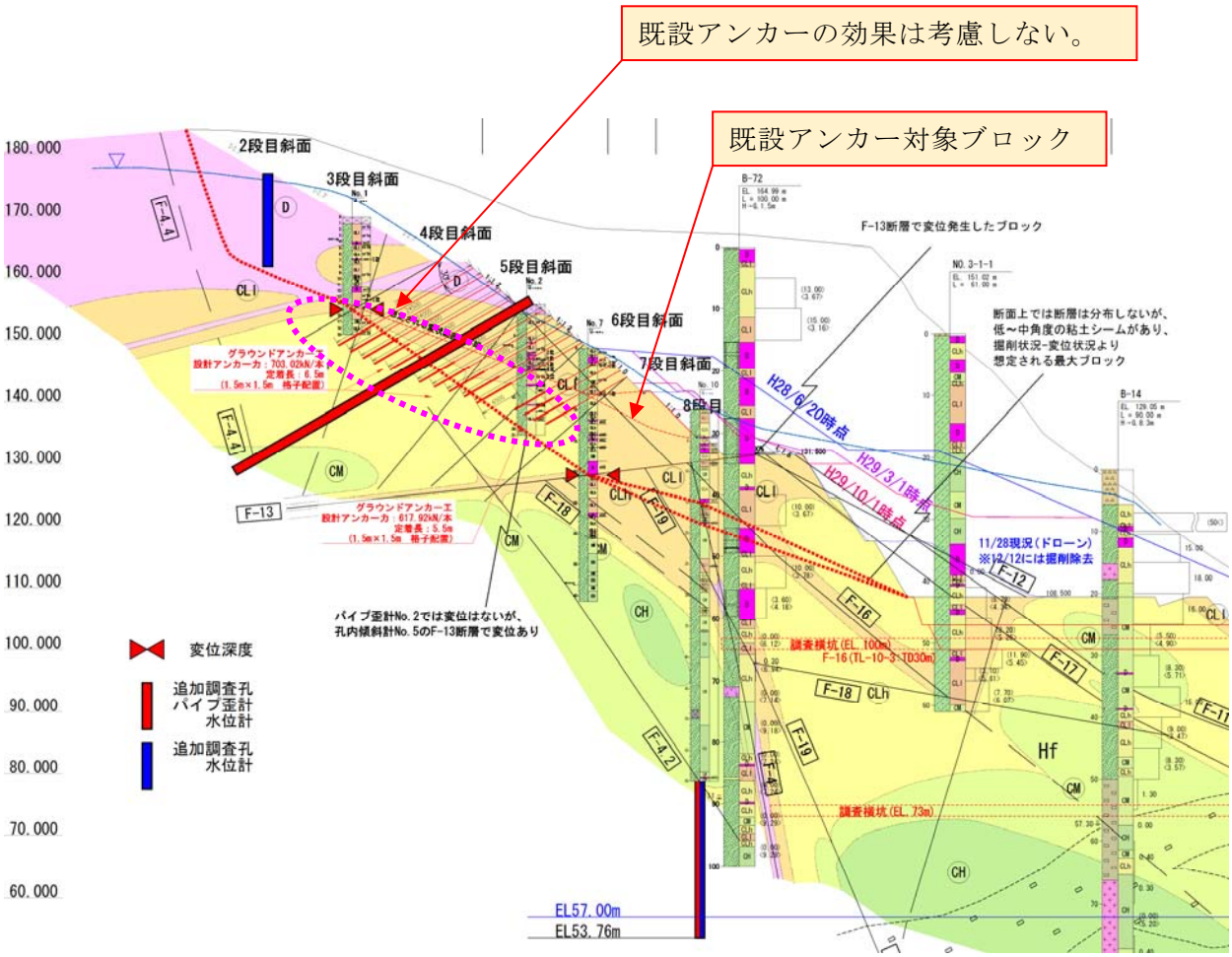



図- 3.3.11　既設アンカーとすべり面の関係

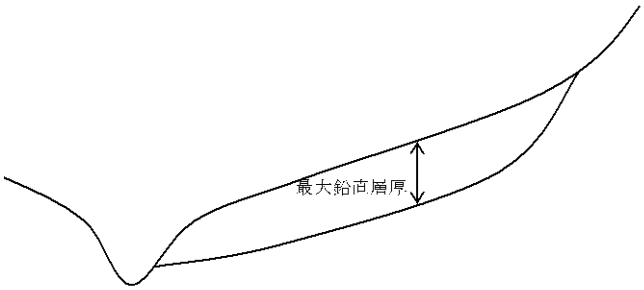
6） 粘着力の設定

地すべりブロックの粘着力は､｢貯水池周辺の地すべり斜面と対策に関する技術指針(案)」を参考に、地すべり最大鉛直厚を 17m とし、17kN/m² とした。

**表- 3.3.4　地すべりの最大鉛直層厚と粘着力**

| 地すべりの最大鉛直層厚（m）<br>（図 4.3 を参照） | 粘着力 c'　(kN/m²) |
|---|---|
| 5 | 5 |
| 10 | 10 |
| 15 | 15 |
| 20 | 20 |
| 25 | 25 |

出典：貯水池周辺の地すべり斜面と対策に関する技術指針(案)・同解説、P. 4-8




出典：貯水池周辺の地すべり斜面と対策に関する技術指針(案)・同解説、P. 4-9

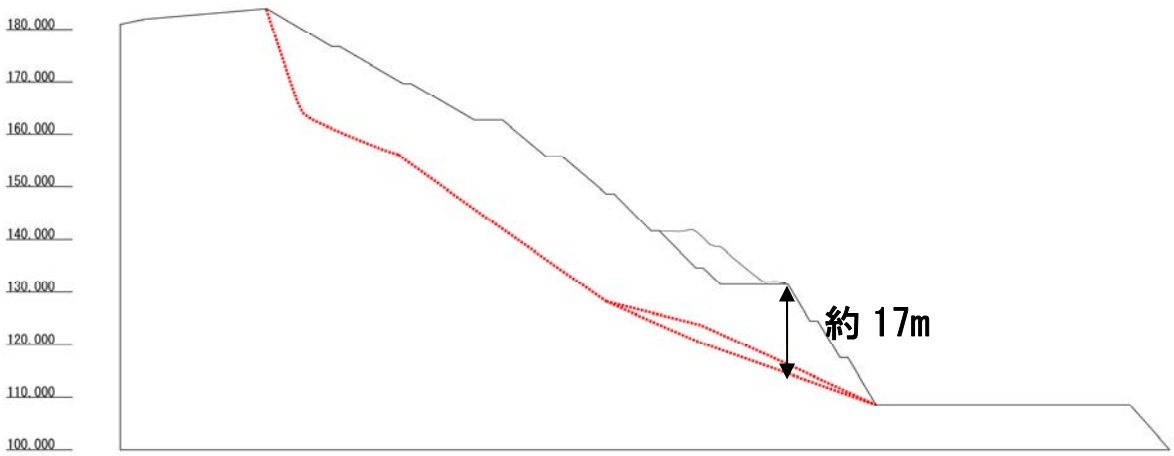


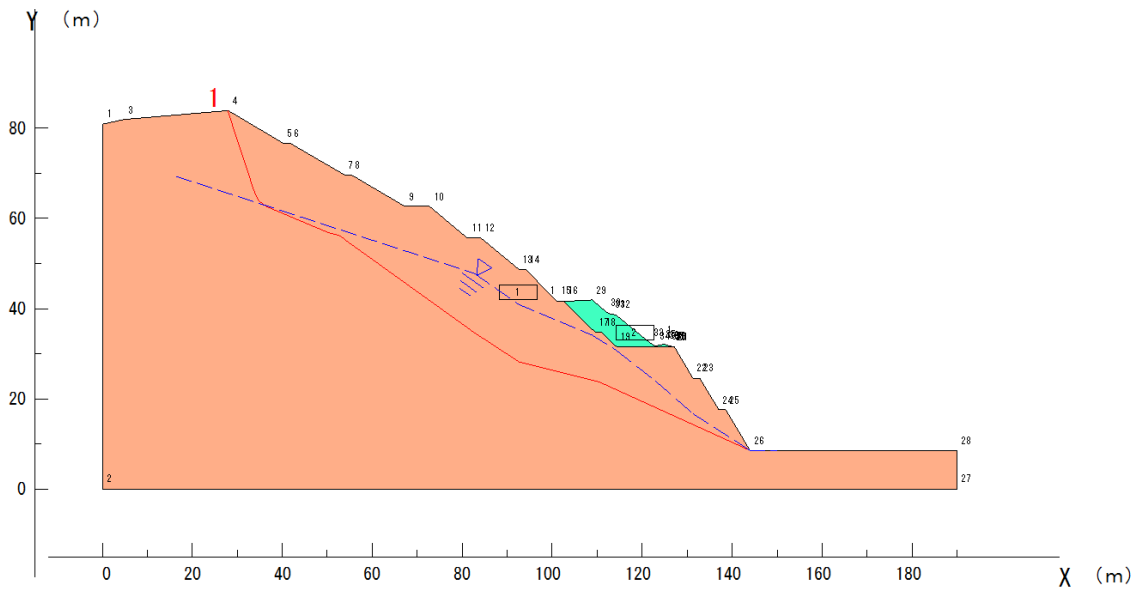

**図- 3.3.12　設定すべり面の鉛直層厚**

a） 検討結果

以下に、掘削前法面における現状最小安全率 $F_{S0}$=0.98 となる内部摩擦角の計算結果を示す。

計算の結果、すべりブロックの物性値は以下のとおりとした。

・すべり線①－ａ：C=17kN/m²、φ=29.22°
・すべり線①－ｂ：C=17kN/m²、φ=30.13°
・すべり線②－ａ：C=17kN/m²、φ=30.42°
・すべり線②－ｂ：C=17kN/m²、φ=31.23°

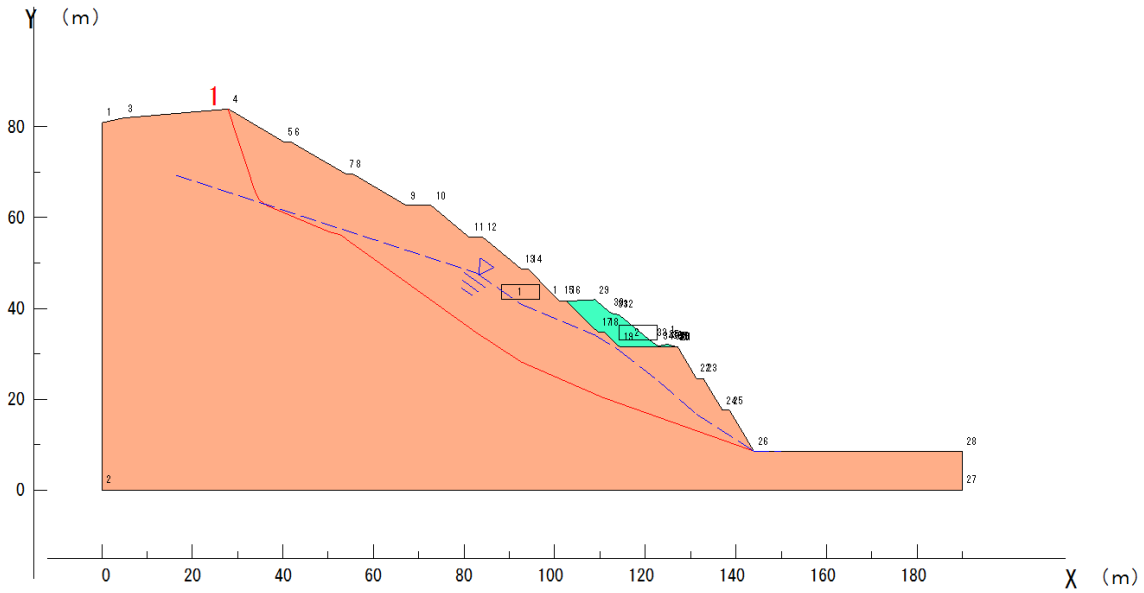



| スベリ面番号 | 安全率 | 抵抗力 (kN/m) | 起動力 (kN/m) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.980 | 16794.1 | 17136.0 |

| 層番号 | 飽和重量 (kN/m³) | 湿潤重量 (kN/m³) | 水平震度 | 鉛直震度 | 粘着力 (kN/m²) | 粘着力係数 | 内部摩擦角 (度) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 20.00 | 21.00 | 0.000 | 0.000 | 17.00 | 0.00 | 29.22 |
| 2 | 20.00 | 21.00 | 0.000 | 0.000 | 17.00 | 0.00 | 29.22 |

水の単位体積重量 = 10.00 (kN/m³)

図- 3.3.13 逆解析結果(すべり面①-a)

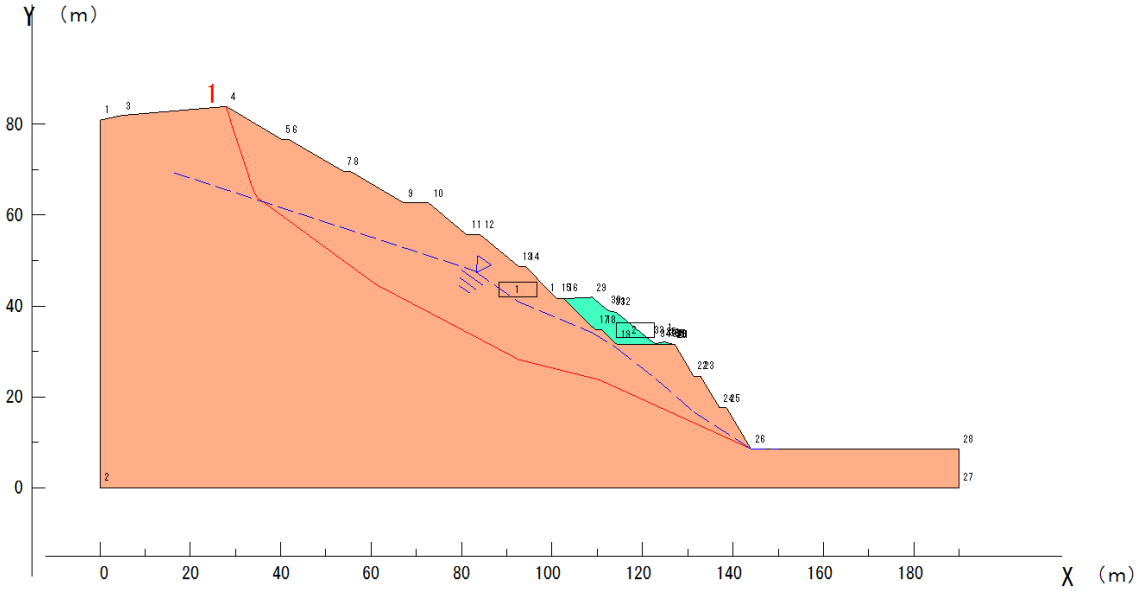



| スベリ面番号 | 安全率 | 抵抗力 (kN/m) | 起動力 (kN/m) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.980 | 17785.2 | 18151.3 |

| 層番号 | 飽和重量 (kN/m³) | 湿潤重量 (kN/m³) | 水平震度 | 鉛直震度 | 粘着力 (kN/m²) | 粘着力係数 | 内部摩擦角 (度) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 20.00 | 21.00 | 0.000 | 0.000 | 17.00 | 0.00 | 30.13 |
| 2 | 20.00 | 21.00 | 0.000 | 0.000 | 17.00 | 0.00 | 30.13 |

水の単位体積重量 = 10.00 (kN/m³)

図- 3.3.14 逆解析結果(すべり面①-b)

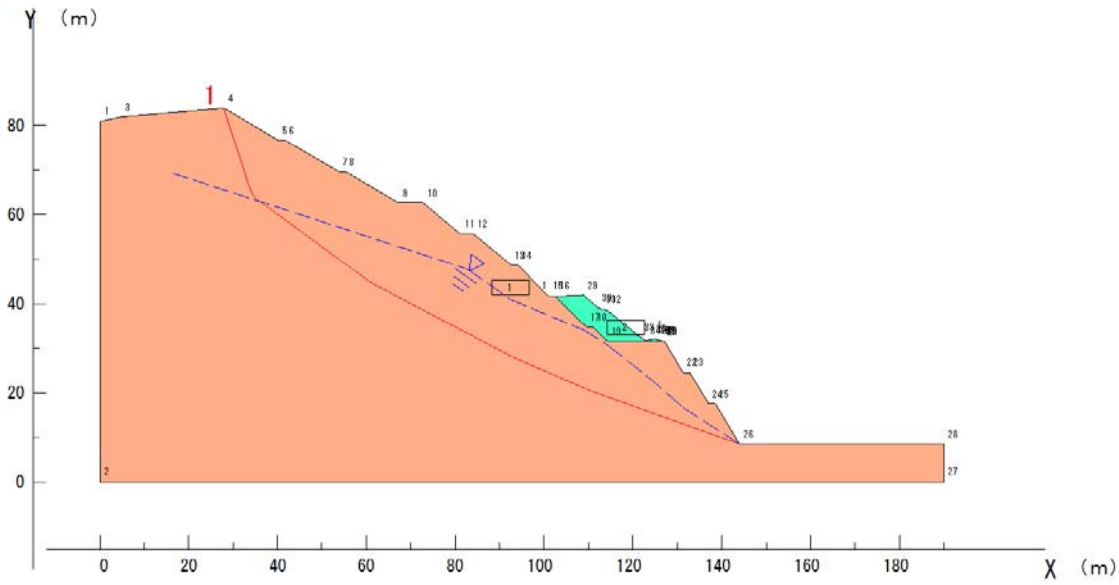



| スベリ面番号 | 安全率 | 抵抗力 (kN/m) | 起動力 (kN/m) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.980 | 18312.1 | 18690.7 |

| 層番号 | 飽和重量 (kN/m³) | 湿潤重量 (kN/m³) | 水平震度 | 鉛直震度 | 粘着力 (kN/m²) | 粘着力係数 | 内部摩擦角 (度) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 20.00 | 21.00 | 0.000 | 0.000 | 17.00 | 0.00 | 30.42 |
| 2 | 20.00 | 21.00 | 0.000 | 0.000 | 17.00 | 0.00 | 30.42 |

水の単位体積重量 = 10.00 (kN/m³)

図- 3.3.15 逆解析結果(すべり面②-a)




| スベリ面番号 | 安全率 | 抵抗力 (kN/m) | 起動力 (kN/m) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.980 | 19302.0 | 19706.0 |

| 層番号 | 飽和重量 (kN/m³) | 湿潤重量 (kN/m³) | 水平震度 | 鉛直震度 | 粘着力 (kN/m²) | 粘着力係数 | 内部摩擦角 (度) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 20.00 | 21.00 | 0.000 | 0.000 | 17.00 | 0.00 | 31.23 |
| 2 | 20.00 | 21.00 | 0.000 | 0.000 | 17.00 | 0.00 | 31.23 |

水の単位体積重量 = 10.00 (kN/m³)

図- 3.3.16 逆解析結果(すべり面②-b)

(4)　安全率の検証

前節で算出した物性値を用いて、掘削後法面の安全率を求め、前節で検討したアンカー規模で計画安全率を満足しているかの検証を行った。

1)　検討条件

a)　断面の設定

当該箇所は､非常用洪水吐き底盤まで掘削が完了した段階でひずみが生じたが、今後更に監査廊部の掘削を進めていくこととなる。そこで、本検討では、左岸頂部法面及び監査廊工掘削後の法面形状について安全率を求めた。

b)　すべり面の設定とすべり面の物性値

すべり面はすべり土塊が最も大きくなるよう、すべり面の下端を掘削後の法尻とした。その他の箇所(ひずみ計 No.7 より山側)については、前節までと同様とした。

また、すべり面の物性値は、前節で求めた物性値を用いることとし、すべり面についても①-a、①-b、②-a、②-b の４ケースそれぞれで検証を行った。

c） 必要抑止力の算出

現在発生している滑動を止めるための必要抑止力を算出する。

必要抑止力は仮設法面であることから、計画安全率 Fs=1.10 を基本とした。また、仮設法面であることから、常時安全率のみを対象とした。

| 項　　目 | 計画安全率 |
|---|---|
| 永久（長期） | Fsp※1) ≧1.20 |
| 仮設（短期） | Fsp※2) ≧1.05、1.10 |

※1) 永久の計画安全率Fsp≧1.20は、本線等の永久のり面、埋戻し後地表に残る永久のり面、存置期間が２年以上の仮設のり面などに適用する。

※2) 仮設の計画安全率は、①掘削開始から最下段の補強材設置前までの施工時の計画安全率をFsp≧1.05とし、②最下段の補強材設置後から埋戻し前までの存置期間の計画安全率をFsp≧1.10とする。

出典切土補強土工法設計・施工要領、東日本高速道路株式会社ほか、P.31

$$\text{P.Fs} \leqq \frac{\sum (N-U)\cdot \tan\phi' + c'\sum L + P}{\sum T} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.1)$$

ここに，

P.Fs：計画安全率

$N$：各スライス（分割片）に作用する単位幅あたりのすべり面法線方向分力（kN/m）

$T$：各スライスに作用する単位幅あたりのすべり面接線方向分力（kN/m）

$U$：各スライスに作用する単位幅あたりの間隙水圧（kN /m）

$L$：各スライスのすべり面の長さ（m）

$\phi'$：すべり面の内部摩擦角（°）

$c'$：すべり面の粘着力（kN /m$^2$）

$P$：対策工によって与えられる抑止力（kN/m）

出典：貯水池周辺の地すべり調査と対策に関する技術指針（案）・同解説、平成 21 年 7 月、国土交通省河川局治水課、P.5-5

ただし、当該箇所は降雨時にブロック内の地下水位が大きく上昇する傾向を有しており、水位が上昇した際に最も安全率が低くなることが考えられる。

また、水位が上昇するのは短期間でありその際の安全率は短期安全率として Fs=1.05 としても問題ないと考えられる。

そこで本検討では、以下の２ケースで必要抑止力を算出することとした。

**○ケース１：まとまった降雨が発生し地下水位が大きく上昇した状態**
**⇒地下水位は既往最大相当、計画安全率 Fs=1.05**
**○ケース２：頻繁に発生する地下水位の状態**
**⇒地下水位は定常水位の最大相当、計画安全率 Fs=1.10**

d) ブロック内水位

ブロック内水位は、地下水位計 No.6 地点において、以下のとおり設定した。

**○ケース１：EL.155.5m**
**○ケース２：EL.153.0m**

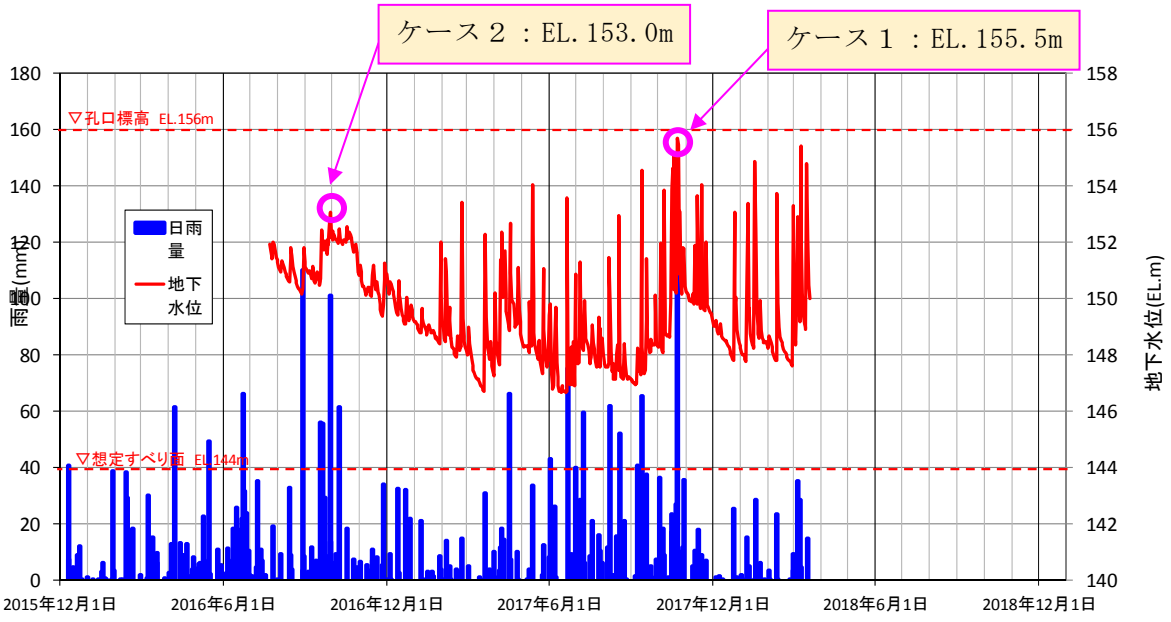



図- 3.3.17　必要抑止力に用いるすべり面と水位線

e） モデル図

以上の条件より、本検討に用いるすべり面および地下水位分布は下図に示すとおりとした。

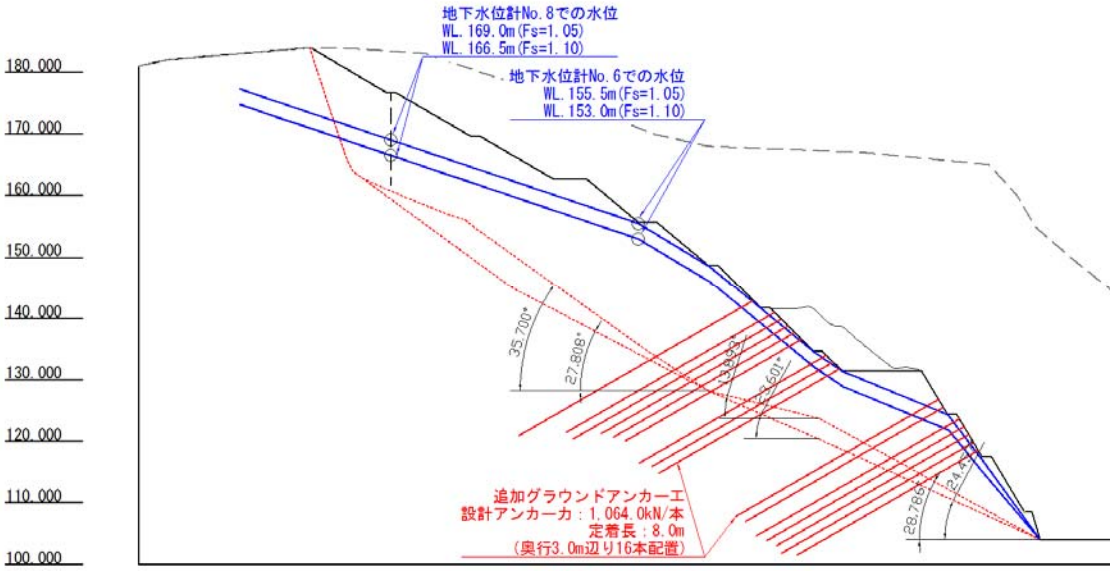



図- 3.3.18　必要抑止力の検証計算に用いるすべり面と水位線

2) 計算結果

以上の検討条件に基づき、各検討ケースで計画しているアンカー規模で計画安全率を満足しているかを確認した。

下表に検討結果の総括を示す。検討の結果、いずれのケースも計画安全率を満足していることを確認した。また、最も計画安全率に余裕がないケースはすべり面②-b であり、計画安全率 Fs=1.05 に対して Fs=1.056 であり、仮にアンカー本数を 1 本減少させた場合は計画安全率を満足しない結果となることから、現計画（設計アンカー力 1,064kN/本×16 本@3m）は妥当と言える。

表- 3.3.5　安全率の検証結果一覧表

| すべり線 | 粘着力c (kN/本) | 内部摩擦角 φ (°) | 水位 (No.6) (EL.m) | 起動力 (kN/m) | 抵抗力 (kN/m) | 安全率 (無対策) | 計画安全率 | 必要抑止力 (kN/m) | グラウンドアンカーによる抵抗力 (kN/m) | 安全率 (アンカー考慮) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ①-a | 17.00 | 29.22 | 155.5 | 17,236.2 | 12,797.2 | 0.742 | 1.05 | 5,300.8 | 5,680.5 | **1.072** | OK |
| | | | 153.0 | 17,362.3 | 14,212.9 | 0.819 | 1.10 | 4,885.6 | 5,680.5 | **1.146** | OK |
| ①-b | 17.00 | 30.13 | 155.5 | 18,371.6 | 13,657.0 | 0.743 | 1.05 | 5,633.2 | 5,788.0 | **1.058** | OK |
| | | | 153.0 | 18,499.8 | 15,126.5 | 0.818 | 1.10 | 5,223.3 | 5,788.0 | **1.131** | OK |
| ②-a | 17.00 | 30.42 | 155.5 | 18,788.0 | 14,113.7 | 0.751 | 1.05 | 5,613.7 | 5,959.1 | **1.068** | OK |
| | | | 153.0 | 18,914.7 | 15,601.0 | 0.825 | 1.10 | 5,205.2 | 5,959.1 | **1.140** | OK |
| ②-b | 17.00 | 31.23 | 155.5 | 19,923.4 | 14,987.2 | 0.752 | 1.05 | 5,932.4 | 6,057.0 | **1.056** | OK |
| | | | 153.0 | 20,052.2 | 16,523.7 | 0.824 | 1.10 | 5,533.7 | 6,057.0 | **1.126** | OK |

次頁以降に各検討ケースにおける安全率及び計画しているアンカーによる抵抗力を示す。

a)　すべり面①-a

［設計アンカーによる抵抗力の算出］

| | | | |
|---|---|---|---|
| 粘着力c= | 17 | kN/m2 | |
| 内部摩擦角φ= | 29.22 | ° | |
| 設計アンカー力 | 1064 | kN/本 | |
| 既設アンカー本数N1 | 5 | 本 | |
| N2 | 4 | 本 | |
| N3 | 7 | 本 | |
| 奥行方向間隔 | 3 | m | |
| アンカー打設角度 | 30 | ° | 下向き打設角 |
| すべり面勾配　θ1 | 35.7 | ° | |
| θ2 | 13.893 | ° | |
| θ3 | 28.786 | ° | |
| アンカーとすべり面のなす角β1 | 65.700 | ° | |
| β2 | 43.893 | ° | |
| β3 | 58.786 | ° | |

グラウンドアンカーによる抵抗力

Po1=Td×m÷a = 1064 × 5 ÷ 3.0
= 1773.333 kN/m

Pr1=Po1×(cosβ1+sinβ1×tanφ)= 1773.333 ×{(cos(65.7)+sin(65.7)×tan(29.22)}
= 1633.8 kN/m

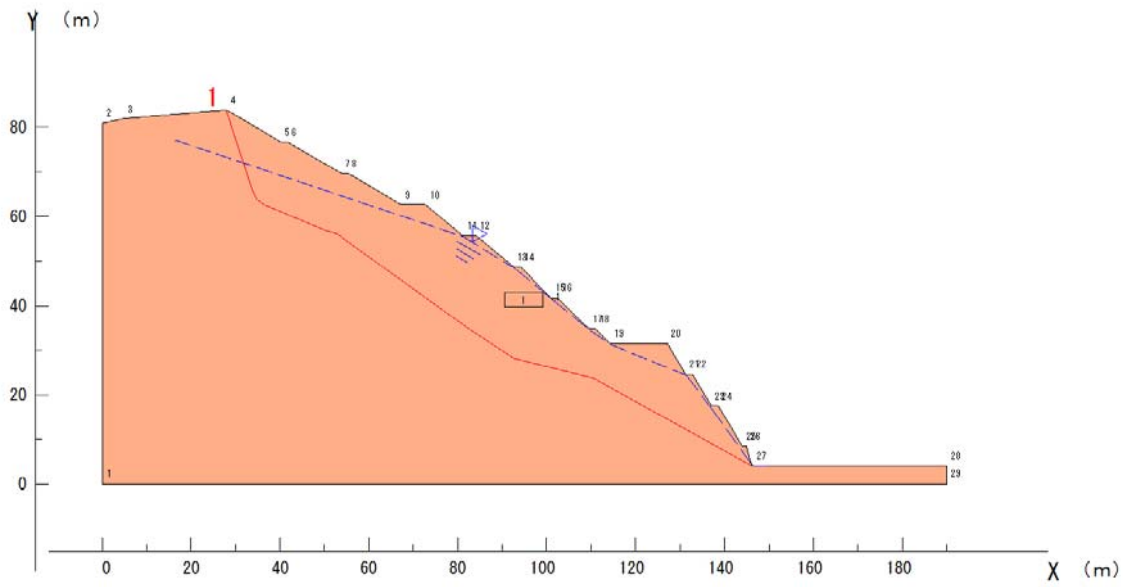
Po1=Td×m÷a = 1064 × 4 ÷ 3.0
= 1418.667 kN/m

Pr1=Po1×(cosβ1+sinβ1×tanφ)= 1418.667 ×{(cos(43.893)+sin(43.893)×tan(29.22)}
= 1572.5 kN/m

Po1=Td×m÷a = 1064 × 7 ÷ 3.0
= 2482.667 kN/m

Pr1=Po1×(cosβ1+sinβ1×tanφ)= 2482.667 ×{(cos(58.786)+sin(58.786)×tan(29.22)}
= 2474.2 kN/m

∑Pr= 5680.5

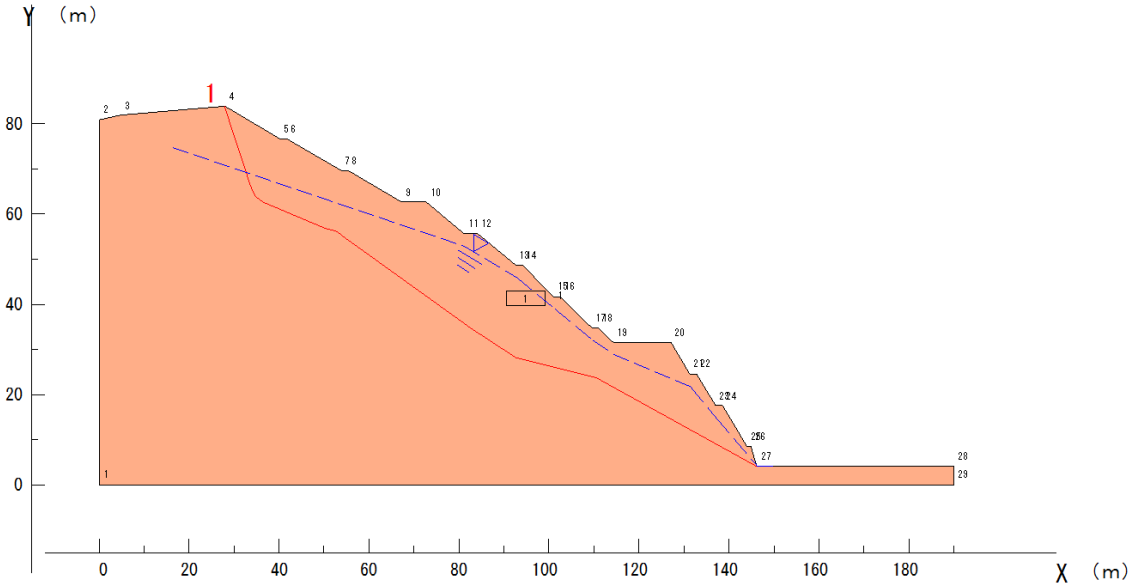



| スベリ面番号 | 安全率 | 抵抗力 (kN/m) | 起動力 (kN/m) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.742 | 12797.2 | 17236.2 |

| 層番号 | 飽和重量 (kN/m³) | 湿潤重量 (kN/m³) | 水平震度 | 鉛直震度 | 粘着力 (kN/m²) | 粘着力係数 | 内部摩擦角 (度) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 20.00 | 21.00 | 0.000 | 0.000 | 17.00 | 0.00 | 29.22 |

水の単位体積重量 = 10.00 (kN/m³)

図- 3.3.19 掘削後の安全率(すべり面①-a、Fs=1.05)




| スベリ面番号 | 安全率 | 抵抗力 (kN/m) | 起動力 (kN/m) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.819 | 14212.9 | 17362.3 |

| 層番号 | 飽和重量 (kN/m³) | 湿潤重量 (kN/m³) | 水平震度 | 鉛直震度 | 粘着力 (kN/m²) | 粘着力係数 | 内部摩擦角 (度) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 20.00 | 21.00 | 0.000 | 0.000 | 17.00 | 0.00 | 29.22 |

水の単位体積重量 = 10.00 (kN/m³)

図- 3.3.20 掘削後の安全率(すべり面①-a、Fs=1.10)

b)　すべり面①-b

［設計アンカーによる抵抗力の算出］

| | | | |
|---|---|---|---|
| 粘着力c= | 17 | kN/m2 | |
| 内部摩擦角φ= | 30.13 | ° | |
| 設計アンカー力 | 1064 | kN/本 | |
| 既設アンカー本数N1 | 5 | 本 | |
| N2 | 4 | 本 | |
| N3 | 7 | 本 | |
| 奥行方向間隔 | 3 | m | |
| アンカー打設角度 | 30 | ° | 下向き打設角 |
| すべり面勾配　θ1 | 35.7 | ° | |
| θ2 | 23.601 | ° | |
| θ3 | 24.457 | ° | |
| アンカーとすべり面のなす角β1 | 65.700 | ° | |
| β2 | 53.601 | ° | |
| β3 | 54.457 | ° | |

グラウンドアンカーによる抵抗力

Po1=Td×m÷a = 1064 × 5 ÷ 3.0
= 1773.333 kN/m

Pr1=Po1×(cosβ1+sinβ1×tanφ)= 1773.333 ×{(cos(65.7)+sin(65.7)×tan(30.13)}
= 1667.8 kN/m

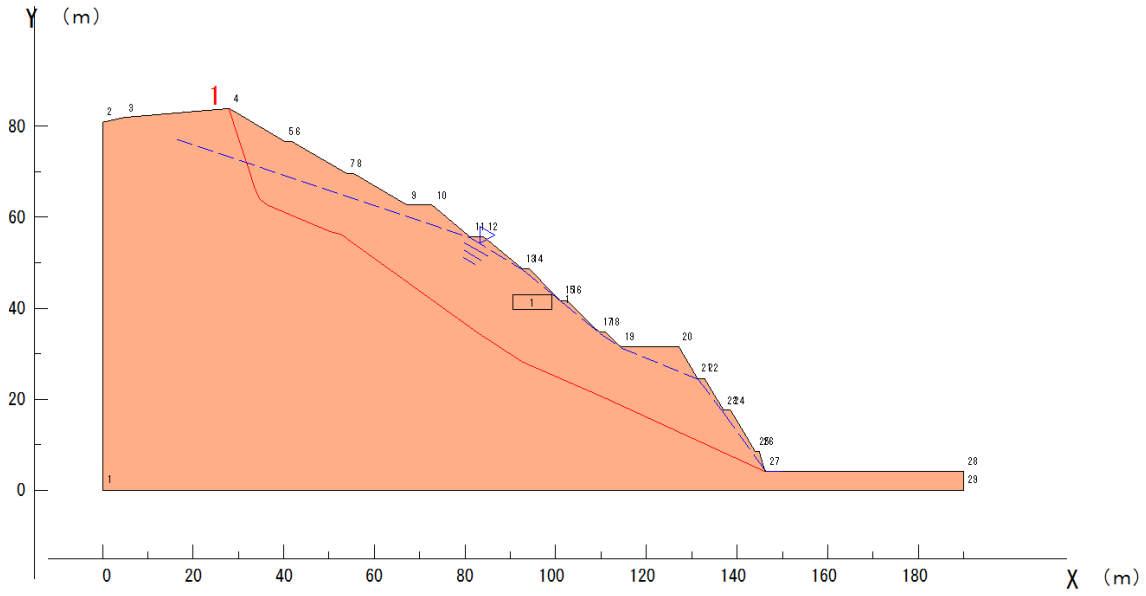
Po1=Td×m÷a = 1064 × 4 ÷ 3.0
= 1418.667 kN/m

Pr1=Po1×(cosβ1+sinβ1×tanφ)= 1418.667 ×{(cos(53.601)+sin(53.601)×tan(30.13)}
= 1504.6 kN/m

Po1=Td×m÷a = 1064 × 7 ÷ 3.0
= 2482.667 kN/m

Pr1=Po1×(cosβ1+sinβ1×tanφ)= 2482.667 ×{(cos(54.457)+sin(54.457)×tan(30.13)}
= 2615.6 kN/m

∑Pr= 5788.0

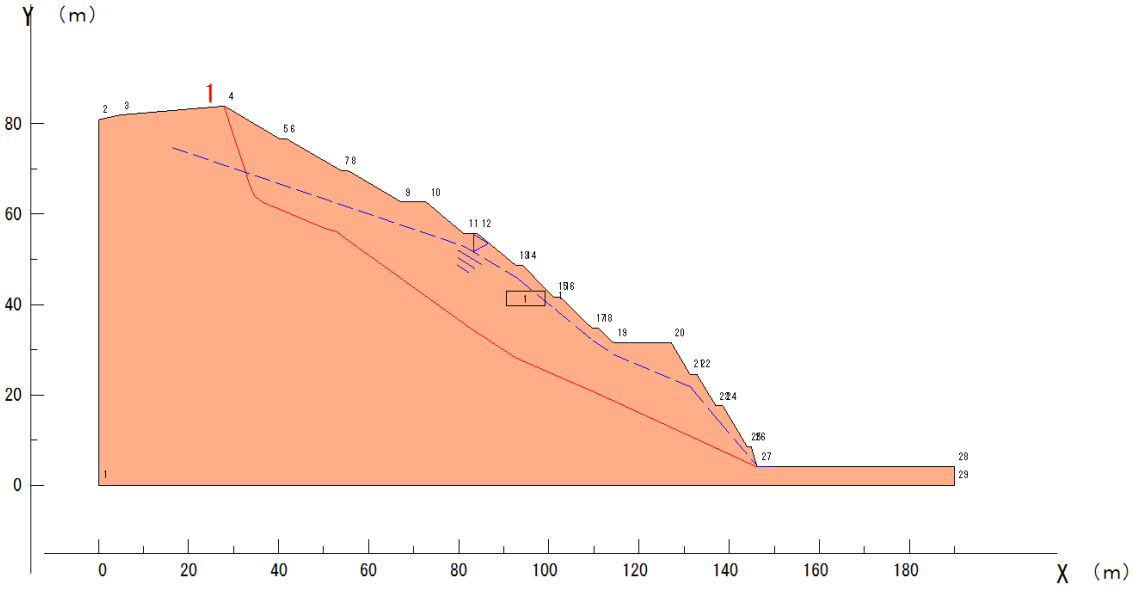



| スベリ面番号 | 安全率 | 抵抗力 (kN/m) | 起動力 (kN/m) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.743 | 13657.0 | 18371.6 |

| 層番号 | 飽和重量 (kN/m³) | 湿潤重量 (kN/m³) | 水平震度 | 鉛直震度 | 粘着力 (kN/m²) | 粘着力係数 | 内部摩擦角 (度) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 20.00 | 21.00 | 0.000 | 0.000 | 17.00 | 0.00 | 30.13 |

水の単位体積重量 = 10.00 (kN/m³)

図- 3.3.21 掘削後の安全率(すべり面①-b、Fs=1.05)




| スベリ面番号 | 安全率 | 抵抗力 (kN/m) | 起動力 (kN/m) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.818 | 15126.5 | 18499.8 |

| 層番号 | 飽和重量 (kN/m³) | 湿潤重量 (kN/m³) | 水平震度 | 鉛直震度 | 粘着力 (kN/m²) | 粘着力係数 | 内部摩擦角 (度) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 20.00 | 21.00 | 0.000 | 0.000 | 17.00 | 0.00 | 30.13 |

水の単位体積重量 = 10.00 (kN/m³)

図- 3.3.22 掘削後の安全率(すべり面①-b、Fs=1.10)

c） すべり面②-a

［設計アンカーによる抵抗力の算出］

| | | | |
|---|---|---|---|
| 粘着力c= | 17 | kN/m2 | |
| 内部摩擦角φ= | 30.42 | ° | |
| 設計アンカー力 | 1064 | kN/本 | |
| 既設アンカー本数N1 | 5 | 本 | |
| N2 | 4 | 本 | |
| N3 | 7 | 本 | |
| 奥行方向間隔 | 3 | m | |
| アンカー打設角度 | 30 | ° | 下向き打設角 |
| すべり面勾配 θ1 | 27.808 | ° | |
| θ2 | 13.893 | ° | |
| θ3 | 28.786 | ° | |
| アンカーとすべり面のなす角β1 | 57.808 | ° | |
| β2 | 43.893 | ° | |
| β3 | 58.786 | ° | |

グラウンドアンカーによる抵抗力

Po1=Td×m÷a = 1064 × 5 ÷ 3.0
= 1773.333 kN/m

Pr1=Po1×(cosβ1+sinβ1×tanφ)= 1773.333 ×{(cos(57.808)+sin(57.808)×tan(30.42)}
= 1825.9 kN/m

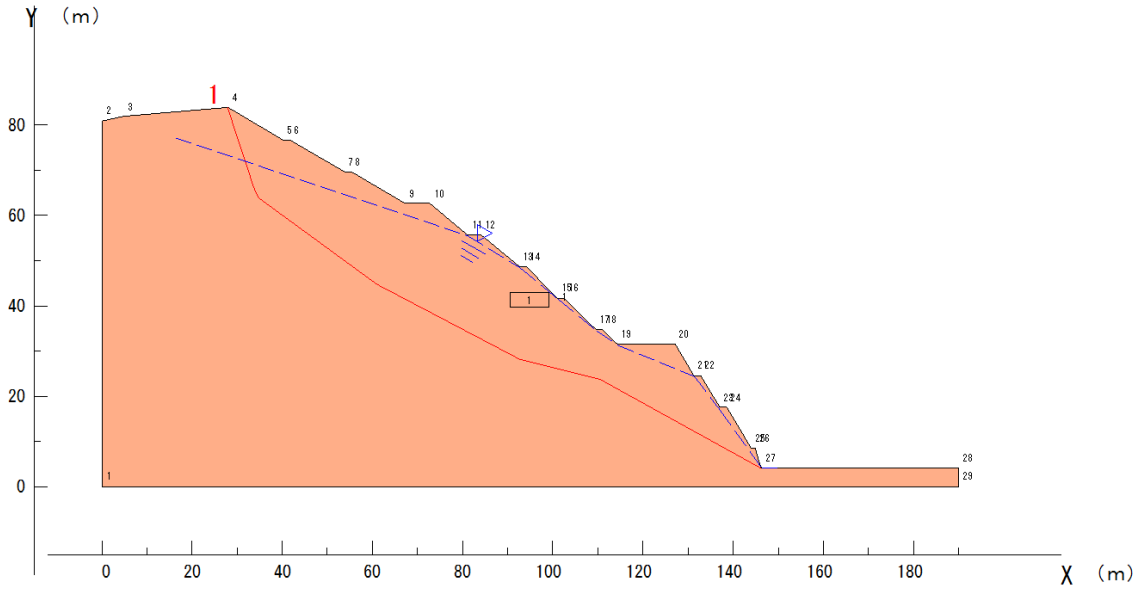
Po1=Td×m÷a = 1064 × 4 ÷ 3.0
= 1418.667 kN/m

Pr1=Po1×(cosβ1+sinβ1×tanφ)= 1418.667 ×{(cos(43.893)+sin(43.893)×tan(30.42)}
= 1599.9 kN/m

Po1=Td×m÷a = 1064 × 7 ÷ 3.0
= 2482.667 kN/m

Pr1=Po1×(cosβ1+sinβ1×tanφ)= 2482.667 ×{(cos(58.786)+sin(58.786)×tan(30.42)}
= 2533.3 kN/m

∑Pr= 5959.1

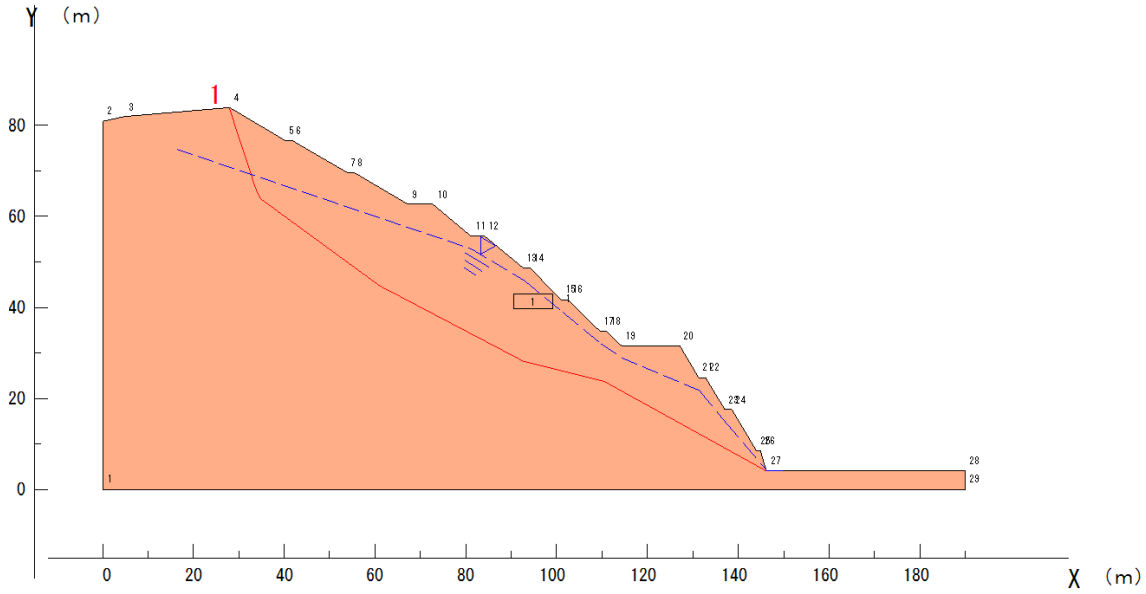



| スベリ面番号 | 安全率 | 抵抗力 (kN/m) | 起動力 (kN/m) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.751 | 14113.7 | 18788.0 |

| 層番号 | 飽和重量 (kN/m³) | 湿潤重量 (kN/m³) | 水平震度 | 鉛直震度 | 粘着力 (kN/m²) | 粘着力係数 | 内部摩擦角 (度) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 20.00 | 21.00 | 0.000 | 0.000 | 17.00 | 0.00 | 30.42 |

水の単位体積重量 = 10.00 (kN/m³)

図- 3.3.23 掘削後の安全率(すべり面②-a、Fs=1.05)




| スベリ面番号 | 安全率 | 抵抗力 (kN/m) | 起動力 (kN/m) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.825 | 15601.0 | 18914.7 |

| 層番号 | 飽和重量 (kN/m³) | 湿潤重量 (kN/m³) | 水平震度 | 鉛直震度 | 粘着力 (kN/m²) | 粘着力係数 | 内部摩擦角 (度) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 20.00 | 21.00 | 0.000 | 0.000 | 17.00 | 0.00 | 30.42 |

水の単位体積重量 = 10.00 (kN/m³)

図- 3.3.24 掘削後の安全率(すべり面②-a、Fs=1.10)

d)　すべり面②-b

［設計アンカーによる抵抗力の算出］

| | | | |
|---|---|---|---|
| 粘着力c= | 17 | kN/m2 | |
| 内部摩擦角φ= | 31.23 | ° | |
| 設計アンカー力 | 1064 | kN/本 | |
| 既設アンカー本数N1 | 5 | 本 | |
| N2 | 4 | 本 | |
| N3 | 7 | 本 | |
| 奥行方向間隔 | 3 | m | |
| アンカー打設角度 | 30 | ° | 下向き打設角 |
| すべり面勾配　θ1 | 27.808 | ° | |
| θ2 | 23.601 | ° | |
| θ3 | 24.457 | ° | |
| アンカーとすべり面のなす角β1 | 57.808 | ° | |
| β2 | 53.601 | ° | |
| β3 | 54.457 | ° | |

グラウンドアンカーによる抵抗力

Po1=Td×m÷a = 1064 × 5 ÷ 3.0
= 1773.333 kN/m

Pr1=Po1×(cosβ1+sinβ1×tanφ)= 1773.333 ×{(cos(57.808)+sin(57.808)×tan(31.23)}
= 1854.7 kN/m

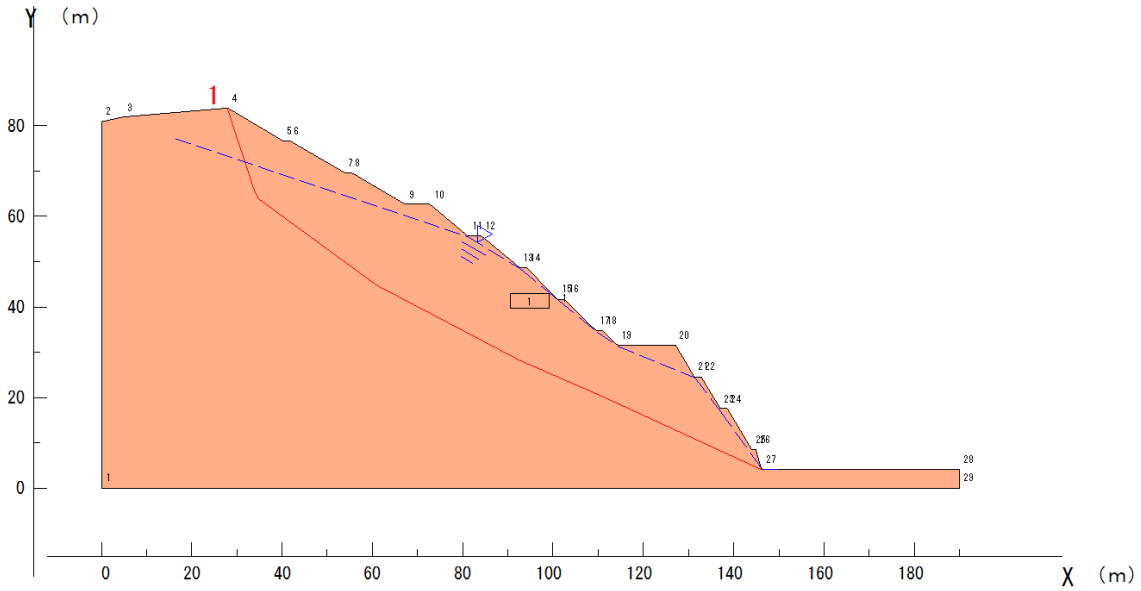
Po1=Td×m÷a = 1064 × 4 ÷ 3.0
= 1418.667 kN/m

Pr1=Po1×(cosβ1+sinβ1×tanφ)= 1418.667 ×{(cos(53.601)+sin(53.601)×tan(31.23)}
= 1534.2 kN/m

Po1=Td×m÷a = 1064 × 7 ÷ 3.0
= 2482.667 kN/m

Pr1=Po1×(cosβ1+sinβ1×tanφ)= 2482.667 ×{(cos(54.457)+sin(54.457)×tan(31.23)}
= 2668.1 kN/m

∑Pr= 6057.0

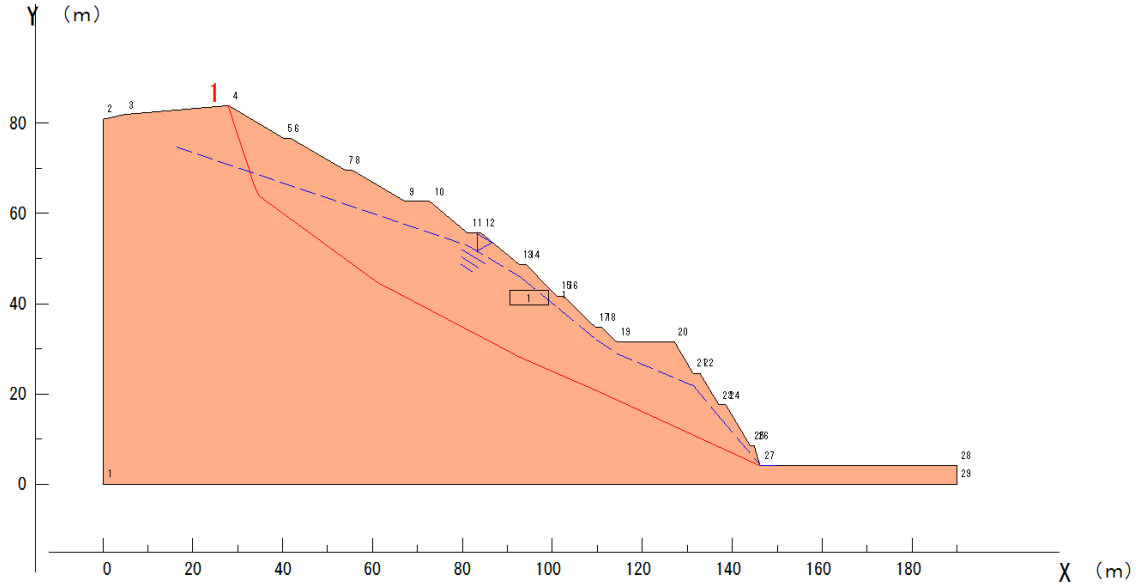



| スベリ面番号 | 安全率 | 抵抗力 (kN/m) | 起動力 (kN/m) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.752 | 14987.2 | 19923.4 |

| 層番号 | 飽和重量 (kN/m³) | 湿潤重量 (kN/m³) | 水平震度 | 鉛直震度 | 粘着力 (kN/m²) | 粘着力係数 | 内部摩擦角 (度) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 20.00 | 21.00 | 0.000 | 0.000 | 17.00 | 0.00 | 31.23 |

水の単位体積重量 = 10.00 (kN/m³)

図- 3.3.25 掘削後の安全率(すべり面②-b、Fs=1.05)




| スベリ面番号 | 安全率 | 抵抗力 (kN/m) | 起動力 (kN/m) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.824 | 16523.7 | 20052.2 |

| 層番号 | 飽和重量 (kN/m³) | 湿潤重量 (kN/m³) | 水平震度 | 鉛直震度 | 粘着力 (kN/m²) | 粘着力係数 | 内部摩擦角 (度) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 20.00 | 21.00 | 0.000 | 0.000 | 17.00 | 0.00 | 31.23 |

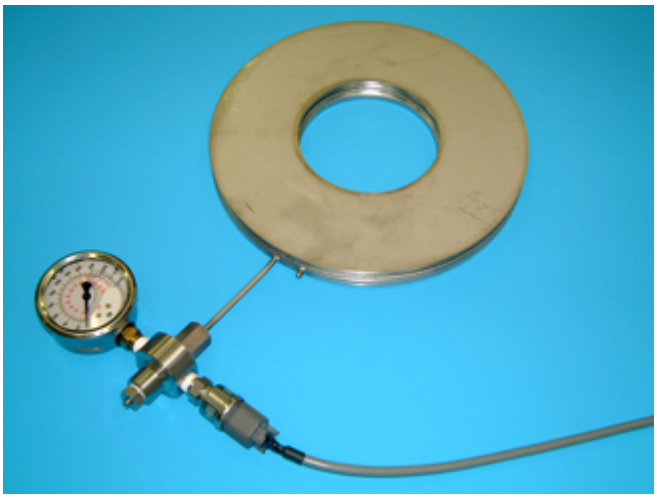
水の単位体積重量 = 10.00 (kN/m³)

図- 3.3.26 掘削後の安全率(すべり面②-b、Fs=1.10)

**【参考資料】グラウンドアンカーの維持管理を踏まえた頭部処理の提案**

本検討で配置検討したグラウンドアンカーは一部永久法面に配置されることとなり、永久法面の安定性確保にも大きな効果を担うものである。

そのため、グラウンドアンカーの維持管理を目的として、荷重計の設置および頭部ヤップの形式変更について、発注者に情報提供を行い、以下に示すような製品の採用を提案した。



荷重計の例（弘和産業、ディスクセンサー）

## 窓付止水具の特長

### 頭部背面を地表面に移動

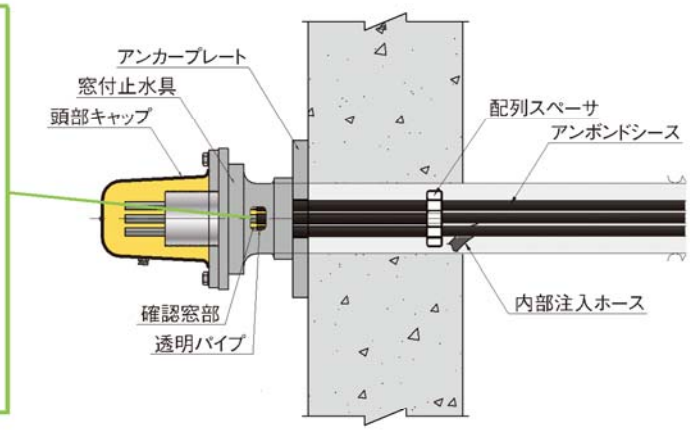
プレート上面が止水具配置となるので、施工性が良く、確実な施工で品質が向上します。

### 維持管理性が向上

確認窓により背面状況が評価でき、背面調査などの時期が適切に判断できるので維持管理性が向上します。

### 優れた耐久性

ダクタイル鋳鉄は強靭な耐力を有し、一般鋼に比べて腐食しにくいという利点があります。さらに、防錆処理を亜鉛めっきとしているので耐久性が向上しています。




## 目視管理機能

窓付止水具の確認窓により、防錆油の変化および施工時の防錆油充填確認が目視管理できます。

黒色
（熱による劣化物生成）

赤褐色
（錆の発生）

白濁色
（水分の侵入）

淡い黄色
（健全な状態）

窓付止水具内の防錆油色相変化確認