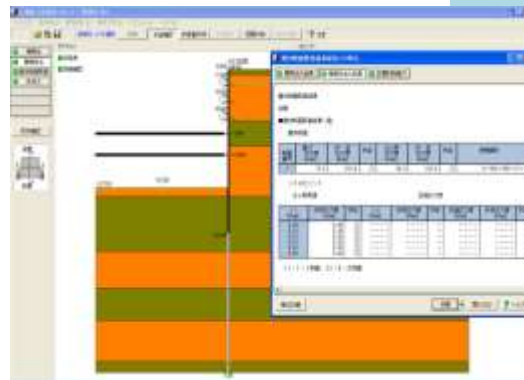
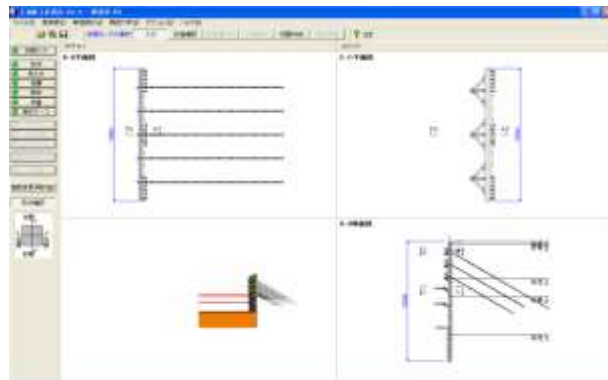


仮設（土留め工） IV.土留め工の設計事例説明



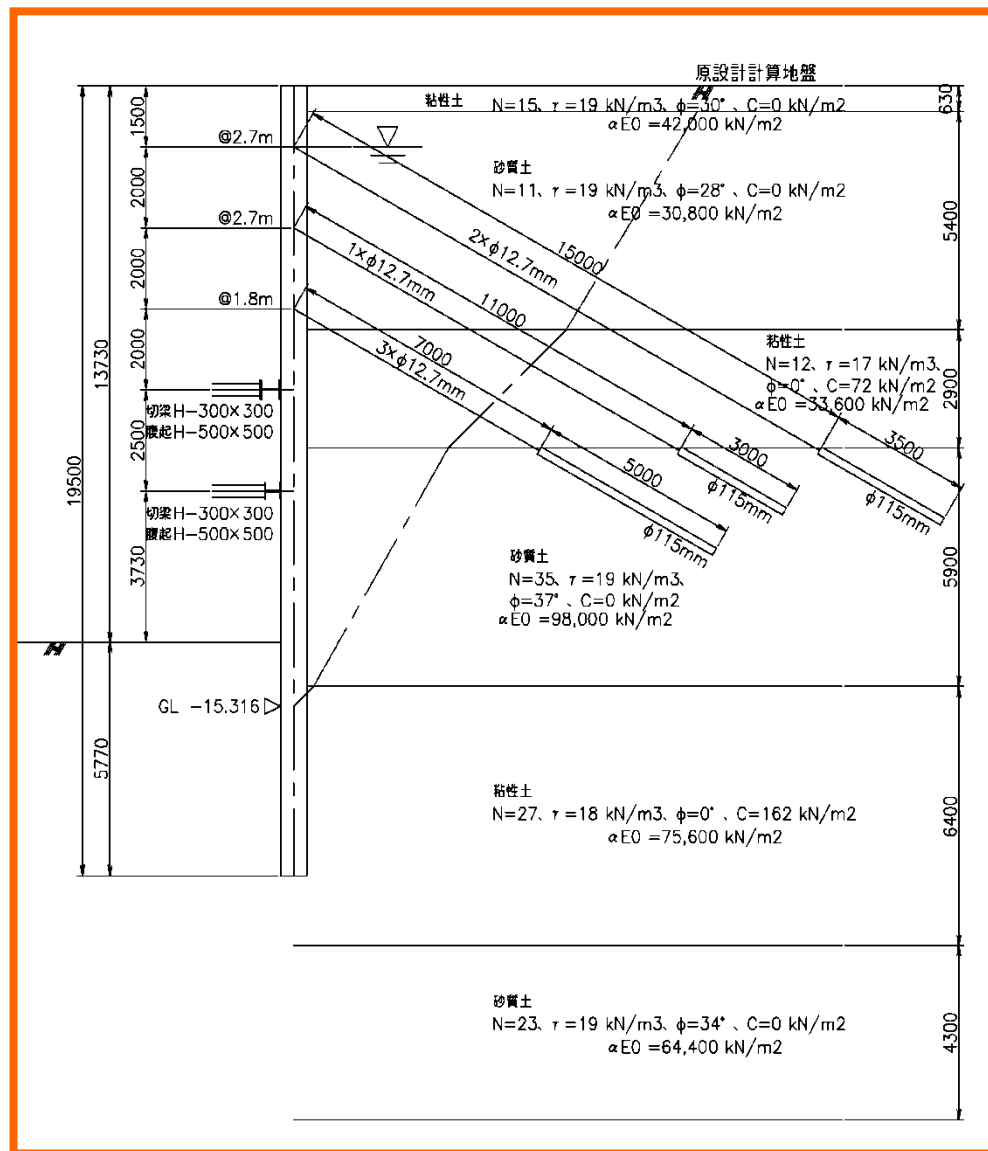
検討事例概要

地下構造物を施工するため、土留め壁を計画した。

施工時の諸条件(重機の制約)より、原計画での土留壁天端の高さでは土留壁を施工することが不可能であることが判明した。

そこで、土留壁施工基面と躯体構築基面を分けて考え、なおかつ、下段部に切梁支保工があり、施工性が悪いため全段アンカー形式として計画を行った(修正設計)。

次に、工事工程を少しでも短縮することを目的に通常の設計時では使用しない特殊アンカーを用いアンカー段数の軽減を行った(実施設計)。



検討ケース

検討ケースは、以下に示す3ケースの計算を行った。

- ①通常工法による当初設計(原設計)
- ②施工条件の変更による設計(修正設計)
- ③工事工程短縮を目的とした設計(実施設計)

今回の計算では、掘削深が10mを超えるため、弾塑性法により計算を行った。

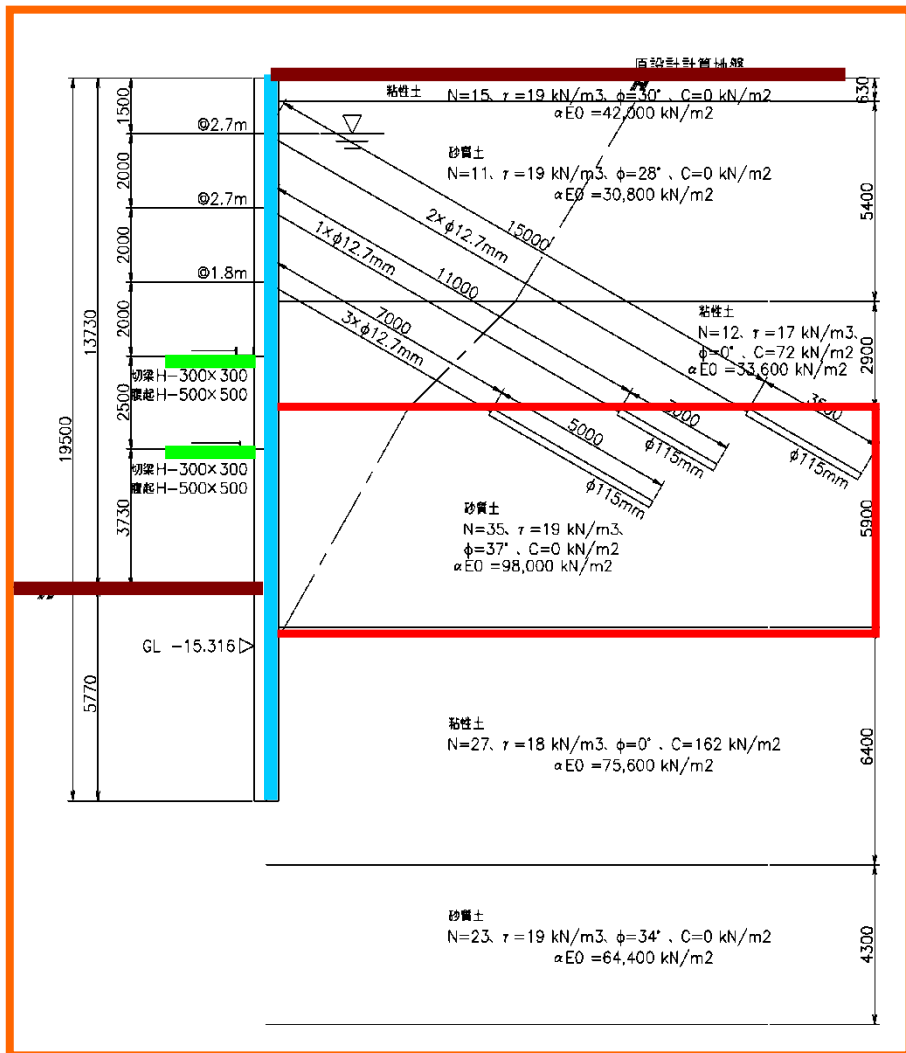
【設計方法の分類】

掘削深さが10mをこえる場合は、地層構成が複雑になるとともに、作用する土圧や水圧も増大し、断面決定用土圧の適用性の問題や、慣用法のような土留め壁の変形を考慮できない手法で設計した場合に、**切梁反力や受働側地盤反力分布が実情に合わないといった問題が発生する。**

よって、地盤や土留めの構造をより実際に近い形にモデル化できること、掘削に伴い発生する壁体のモーメントや変形の分布が壁の全長に渡って計算できること、および入力荷重条件に対して比較的任意性があり、使用実績が豊富であることを考慮して**弾塑性法を用いることとする。**

引用文献:「道路土工 仮設構造物工設計指針、平成11年3月、(社)日本道路協会」

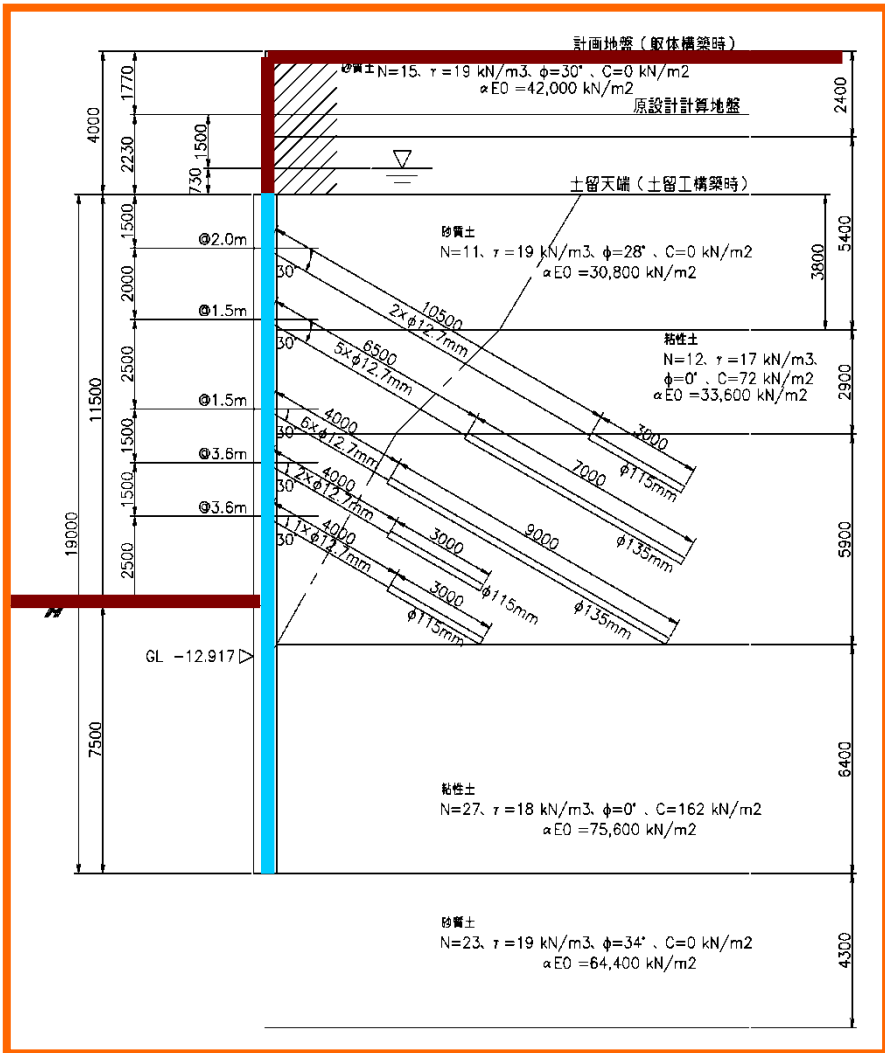
計算モデル(ケース1:原設計)



「計画概要」

- ・アンカー工法と切梁工法を併用した工法。
- ・1～3段目までがアンカー工法を用い、4、5段目が切梁工法。
- ・掘削深さが、13.730 mとなっているため、弾塑性法による計算を行った。
- ・アンカー工の定着層は、N=35の砂質土層で 定着。
- ・アンカー間隔は、一般的に1.5m～4.0mとする（道路土工参照）ことになっているため、その範囲内で計画。
- ・切梁は、H-300×300部材を最小部材として
設定し、支保工間隔を5m以下で計画。

計算モデル(ケース2:修正設計)



「主な変更点」

① 掘削深の変更

掘削底面を変更せず、掘削深さを
13.730mから11.500mに変更。

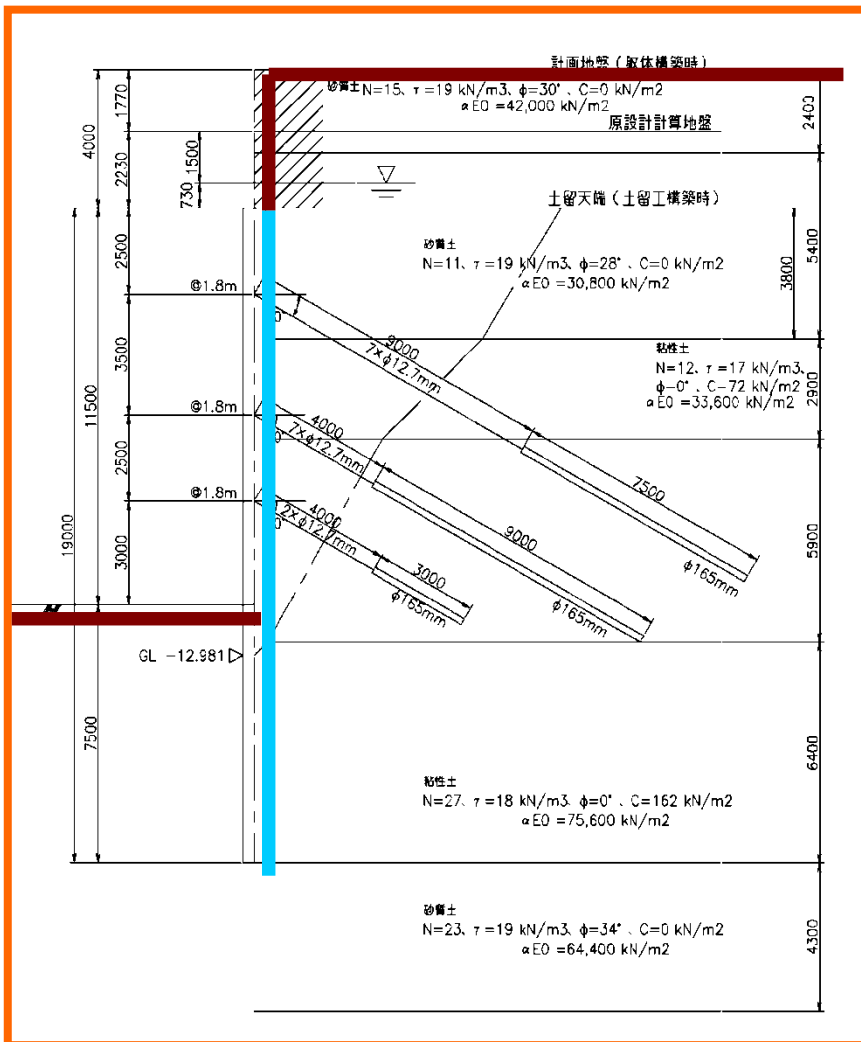
② 支保工配置の変更

施工性の観点からアンカー式・切梁併用
工法からアンカー式土留工に変更。
鉛直配置および水平配置についても変更。

③ 盛土を上載荷重として考慮

土留壁構築面と躯体構築面を分離したため、土留壁構築後に盛土が生じる。これを上載荷重として考慮。

計算モデル(ケース3:実施設計)



「主な変更点」

- ① アンカー段数の変更
施工性を考慮して、アンカー段数を5段から3段に変更。
- ② アンカー体径の変更
アンカー体径を $\phi 115$ 、 135 mmの併用から $\phi 165$ mmに変更。

【アンカー体径と本数】

アンカー削孔径とアンカーより線の本数の関係

- 削孔径: $\phi 90$ mm、アンカーより線本数: 2~5本
削孔径: $\phi 115$ mm、アンカーより線本数: 2~8本
削孔径: $\phi 135$ mm、アンカーより線本数: 2~12本

設計条件

適用基準

慣用法 : 道路土工 仮設構造物工設計指針、(社)日本道路協会
弾塑性法 : 道路土工 仮設構造物工設計指針、(社)日本道路協会

支保工形式

ケース1 : 切梁＋アンカー併用形式土留工
ケース2、3 : アンカー式土留工

掘削深さ

ケース1 : G.L.-13.73 m
ケース2、3 : G.L.-11.50 m

余掘り量

1.0 m

設計条件(土質定数一覧)

	土質種類	平均N値	γ (kN/m ³)	ϕ (度)	C (kN/m ²)	αE_0 (kN/m ²)	アンカー周面 摩擦抵抗 τ (N/mm ²)
盛土層	砂質土	15	19.0	30	0	42,000	—
表 層	砂質土	15	19.0	30	0	42,000	—
第1層	砂質土	11	19.0	28	0	30,800	—
第2層	粘性土	12	17.0	0	72		—
第3層	砂質土	35	19.0	37	0	98,000	0.285
第4層	粘性土	27	18.0	0	162	75,600	0.162
第5層	砂質土	23	19.0	34	0	64,400	0.215

設計条件(土質定数の推定方法)

内部摩擦角 ϕ の推定

下式によって算出。

$$\phi = \sqrt{(15 \cdot N) + 15} \leq 45^\circ \quad (\text{ただし } N > 5)$$

参考文献: 道路土工 仮設構造物工指針、(社)日本道路協会、平成11年3月、p.30

粘着力 C の推定

「道路土工 仮設構造物工指針」(社)日本道路協会(平成11年3月)p.30では、下表のように数値が設定されている。

しかしながら、一般的に用いられる $C = (6 \sim 10) \cdot N = 6 \cdot N$ (道路土工擁壁工指針参照)と比較し、より安全側の計画となるように下式から設定。

$$C = 6 \cdot N$$

表 2-2-3 粘性土の粘着力と N 値の関係

硬 さ	非常に 軟らかい	軟らかい	中 位	硬 い	非常に 硬い	固結した
N 値	2以下	2~4	4~8	8~15	15~30	30以上
粘着力 c (kN/m^2 (tf/m^2))	12以下 (1.2以下)	12~25 (1.2~2.5)	25~50 (2.5~5.0)	50~100 (5.0~10)	100~200 (10~20)	200以上 (20以上)

参考文献: 道路土工 仮設構造物工指針、(社)日本道路協会、平成11年3月、p.30

設計条件(土質定数の推定方法)

変形係数 E_0

「道路土工 仮設構造物工指針」(社)日本道路協会(平成11年3月)p.31, p.106より、試験値がないため、下式から算出し設定。

$$E_0 = 2,800 \cdot N$$

$$\alpha = 1$$

表2-9-9. E_0 と α

次の試験方法による変形係数 E_0 (kgf/cm ²){kN/m ² }	α
ボーリング孔内で測定した変形係数	4
供試体の一軸または三軸圧縮試験から求めた変形係数	4
標準貫入試験のN値より $E_0=28N\{2,800N\}$ で求めた変形係数	1

参考文献:道路土工 仮設構造物工指針、(社)日本道路協会、平成11年3月、p.106

【地盤の変形係数の推定方法】

土留めの設計に弾塑性法を用いる場合や、自立式土留めの設計の場合に、水平方向地盤反力係数を計算するには、地盤の変形係数を設定する必要があります。

変形係数は、一般に次に示す値が用いられます。

- ① 孔内水平載荷試験による測定値
- ② 供試体の一軸または三軸圧縮試験から求めた値
- ③ 標準貫入試験のN値より $E_0=2,800N$ kN/m²で推定した値

参考文献:「道路土工 仮設構造物工設計指針、平成11年3月、(社)日本道路協会、p.31」

設計条件(土質定数の推定方法)

アンカー周面摩擦抵抗の推定

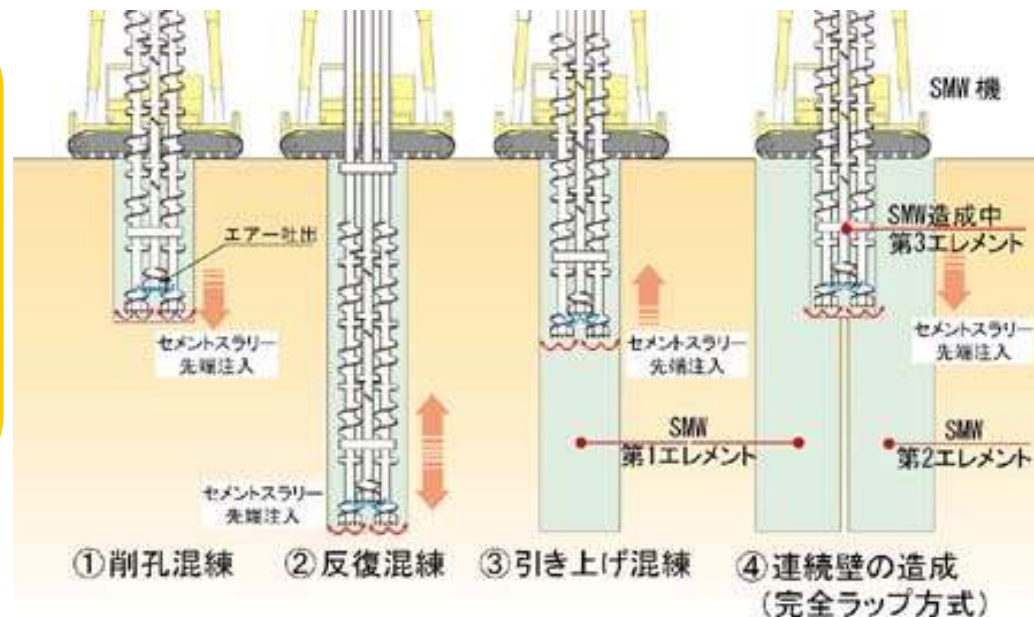
「道路土工 仮設構造物工指針」(社)日本道路協会(平成11年3月)p.132より、
下表の数値の中間値を比例配分して設定した。

表 2-10-3 アンカー周面摩擦抵抗

地盤の種類			摩擦抵抗 (kN/m ² (kgf/cm ²))
岩 盤	硬 岩		1,500~2,500(15~25)
	軟 岩		1000~1,500 (10~15)
	風化岩		600~1,000 (6~10)
	土 丹		600~1,200 (6~12)
砂 礫	N 値	10	100~200 (1.0~2.0)
		20	170~250 (1.7~2.5)
		30	250~350 (2.5~3.5)
		40	350~450 (3.5~4.5)
		50	450~700 (4.5~7.0)
砂	N 値	10	100~140 (1.0~1.4)
		20	180~220 (1.8~2.2)
		30	230~270 (2.3~2.7)
		40	290~350 (2.9~3.5)
		50	300~400 (3.0~4.0)
粘 性 土			c (cは粘着力)

壁体条件

- 壁体構造： SMW壁
- 芯材：
H-500×300×11×18
- 設置方法： 全孔
- ソイルメント： 削孔径φ650



【SMW壁工法とは？】

SMW壁施工イメージ

引用文献：<http://www.seikou-knet.co.jp/technology/smw-1.htm>

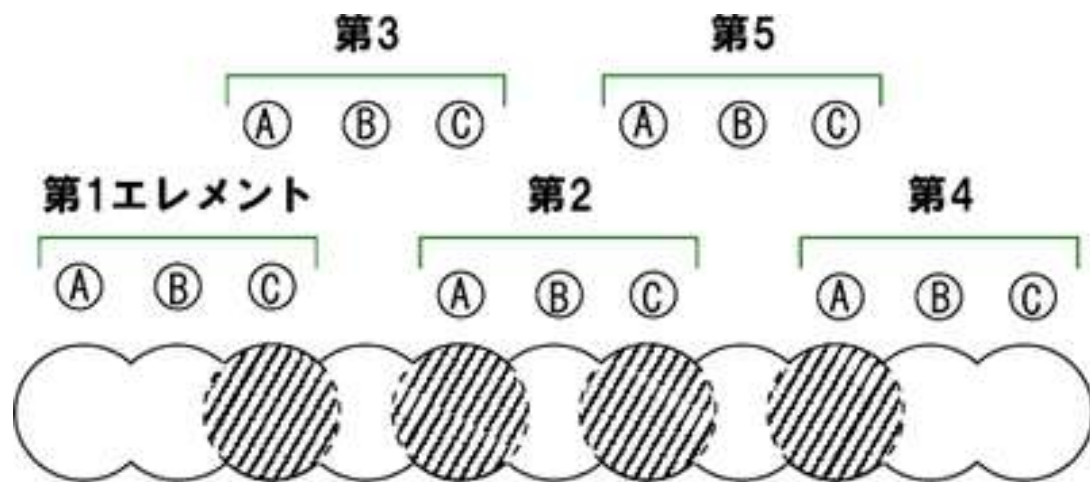
SMWとは土 (Soil) とセメントスラリーを原位置で混合・攪拌 (Mixing) し、地中に造成する壁体 (Wall) の略称です。

SMW工法は専用に開発された多軸混練オーガー機で原地盤を削孔し、その先端よりセメントスラリーを吐出して1エレメントの削孔混練を行い、壁体を造ります。連続一体の連続壁とするため、エレメント端の軸孔を次エレメントにラップさせて造成 (両端孔の完全ラップ) していく工法です。

壁体条件

【芯材の設置方法は？】

芯材の設置方法として、全孔設置、隔孔設置（2孔に1本ずつ設置）、隔孔設置（3孔に2本ずつ設置）の3タイプから選択します。



引用文献: <http://www.smw-kyokai.jp/page/smwtoha/sekouhou.htm>



引用文献: <http://seikou-knet.co.jp/technology/smw-6.htm>

プレロード荷重の設定

- ケース1、2 : 支保工反力の80%程度になるように設定。
ケース3 : 支保工反力の50%程度になるように設定。

【プレロード工法とは？】

切梁設置後に係る切梁反力の50%～100%を施工前にあらかじめ導入しておき、山留壁の変形を抑制する工法。

【プレロード工法の特徴】

- ① 山留支保工の部材性能を有効に活用できるため、経済的。
- ② 大きな軸力を切梁に導入出来るため、山留支保工全体の安全性が高まる。
- ③ 山留壁の変形が低減出来き、地盤沈下による周辺構造物への悪影響を防止。

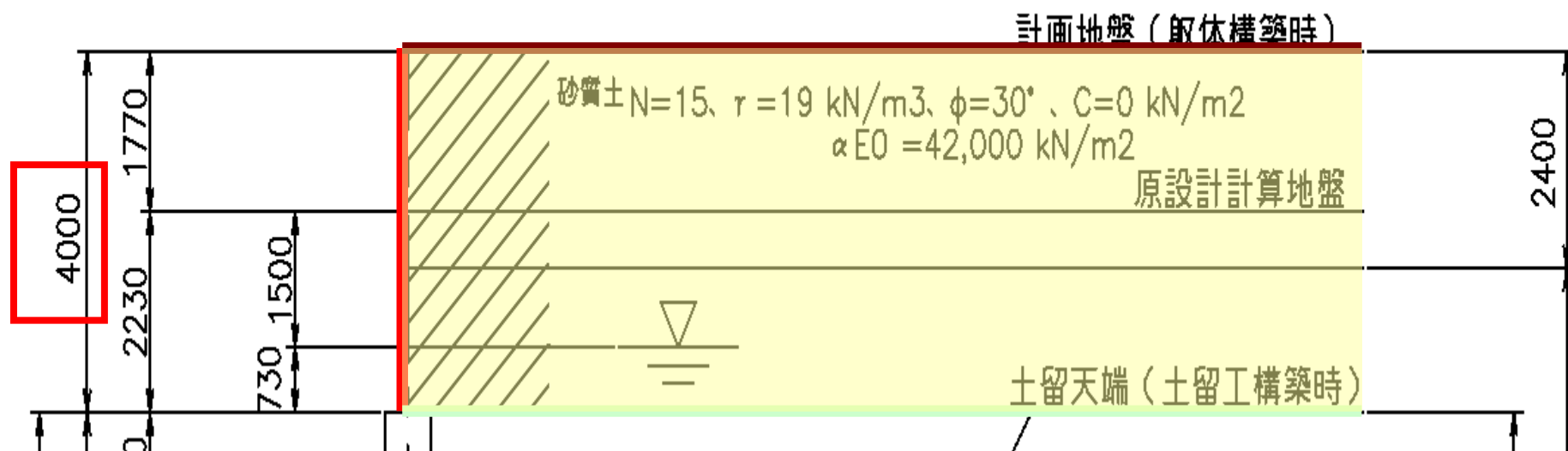
【プレロード量】

通常、設計軸力の50%～100%を導入する。

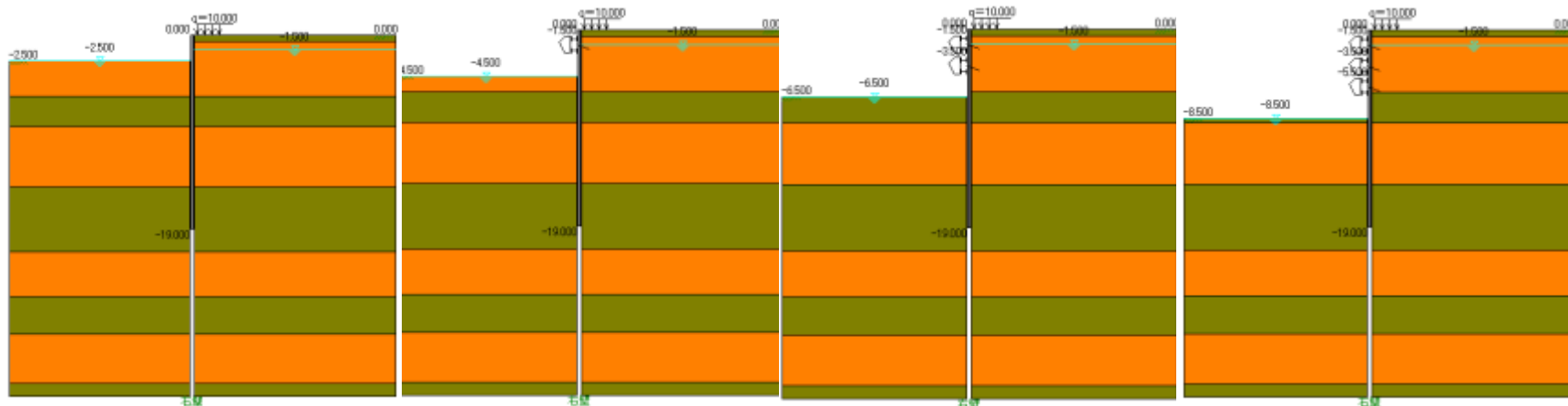
上載荷重の設定

ケース1 : 重機等の重量を考慮し、 $Q = 10 \text{ kN/m}^2$ を考慮。

ケース2、3 : 土留壁の上部に盛土をするため、上載荷重として考慮。
 $Q = 10 \text{ kN/m}^2 + 19 \text{ kN/m}^3 \times 4.000 \text{ m} = 86 \text{ kN/m}^2$



施工ステップ(ケース1)

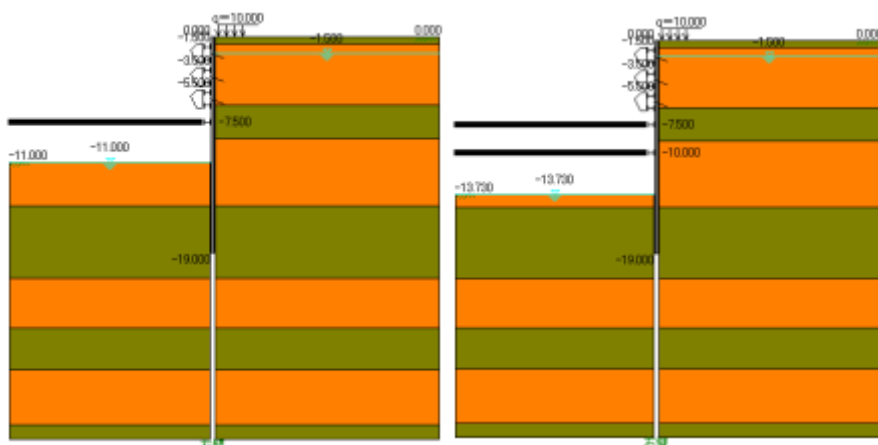


STEP 1

STEP 2

STEP 3

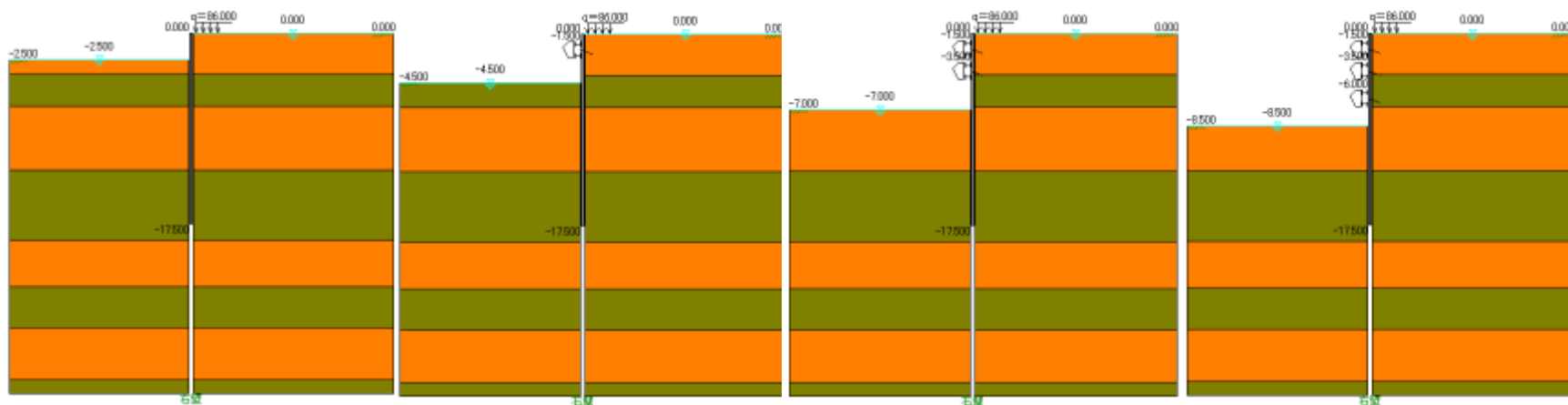
STEP 4



STEP 5

STEP 6

施工ステップ(ケース2)

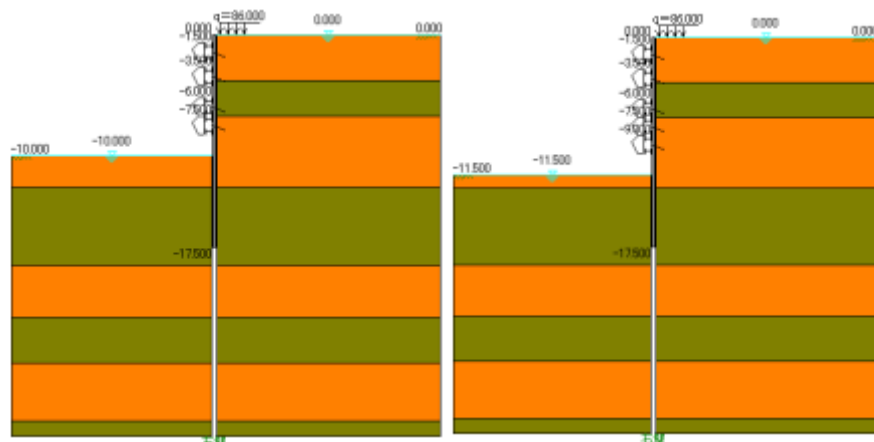


STEP 1

STEP 2

STEP 3

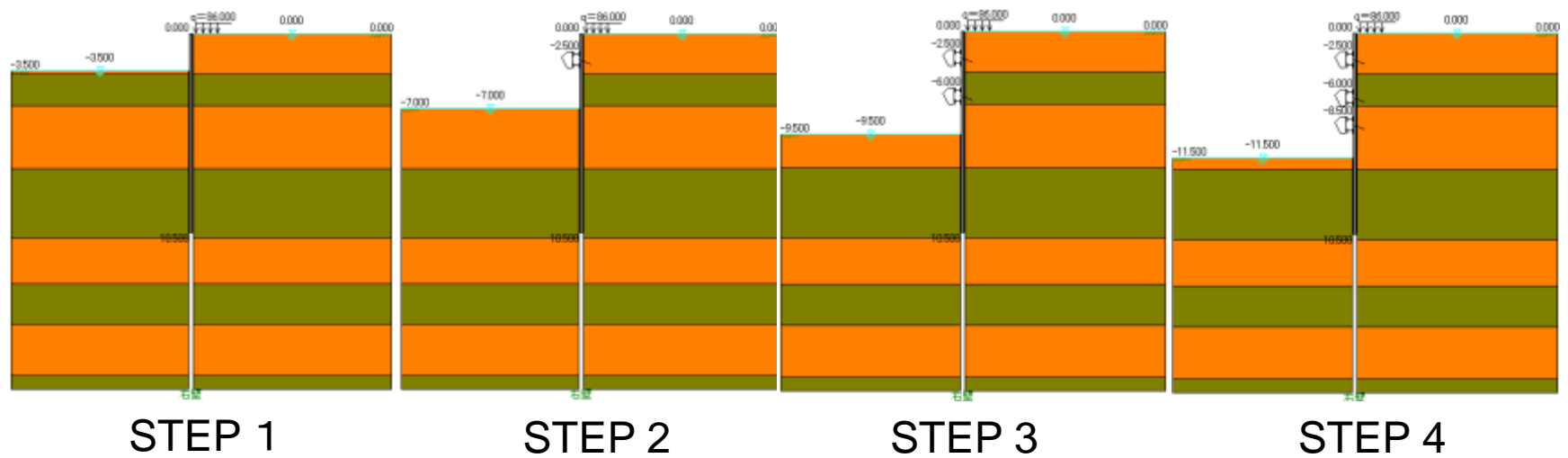
STEP 4



STEP 5

STEP 6

施工ステップ(ケース3)



計算結果(壁体応力度)

ケース1(原設計)

■壁体断面照査結果一覧

壁体断面

断面番号	曲げ応力度 N/mm ²	許容応力度 N/mm ²	判定	せん断応力度 N/mm ²	許容応力度 N/mm ²	判定	使用鋼材
1	72.5	210.0	○	30.3	120.0	○	H-500×300×11×18

$$\sigma = 72.5 \text{ N/mm}^2$$

ケース2(修正設計)

■壁体断面照査結果一覧

壁体断面

断面番号	曲げ応力度 N/mm ²	許容応力度 N/mm ²	判定	せん断応力度 N/mm ²	許容応力度 N/mm ²	判定	使用鋼材
1	107.8	210.0	○	37.4	120.0	○	H-500×300×11×18

$$\sigma = 107.8 \text{ N/mm}^2$$

ケース3(実施設計)

■壁体断面照査結果一覧

壁体断面

断面番号	曲げ応力度 N/mm ²	許容応力度 N/mm ²	判定	せん断応力度 N/mm ²	許容応力度 N/mm ²	判定	使用鋼材
1	103.5	210.0	○	41.0	120.0	○	H-500×300×11×18

$$\sigma = 103.5 \text{ N/mm}^2$$

計算結果(切梁支保工照査結果)

ケース1(原設計)

●設計反力

段	支保工反力 (kN/m)
1	87.31
2	25.70
3	156.40
4	405.93
5	348.59

●腹起しの計算

部材 No.	位置	本数	鋼材名称	σ_c N/mm ²	σ_b N/mm ²	τ τ_a N/mm ²	座屈1	座屈2 σ_{cal} N/mm ²
1	4段	1	H-500×500×25×25孔	5	110	63 ≤ 120	0.60 ≤ 1	114 ≤ 210
2	5段	1	H-500×500×25×25孔	5	94	54 ≤ 120	0.52 ≤ 1	99 ≤ 210

●切ばりの計算

部材 No.	位置	本数	鋼材名称	σ_c N/mm ²	σ_b N/mm ²	座屈1	座屈2 σ_{cal} N/mm ²
1	1段	1	H-300×300×10×15孔	14	14	0.18 ≤ 1	28 ≤ 210
2	2段	1	H-300×300×10×15孔	14	14	0.18 ≤ 1	28 ≤ 210

●切ばり火打ちの計算

部材 No.	位置	本数	鋼材名称	σ_c σ_a N/mm ²	σ_b N/mm ²	座屈1	座屈2 σ_{cal} N/mm ²
1	4段	1	H-300×300×10×15孔	110 ≤ 210	1	0.53 ≤ 1	111 ≤ 210
2	5段	1	H-300×300×10×15孔	97 ≤ 210	1	0.46 ≤ 1	98 ≤ 210

計算結果(アンカー支保工照査結果)

ケース1(原設計)

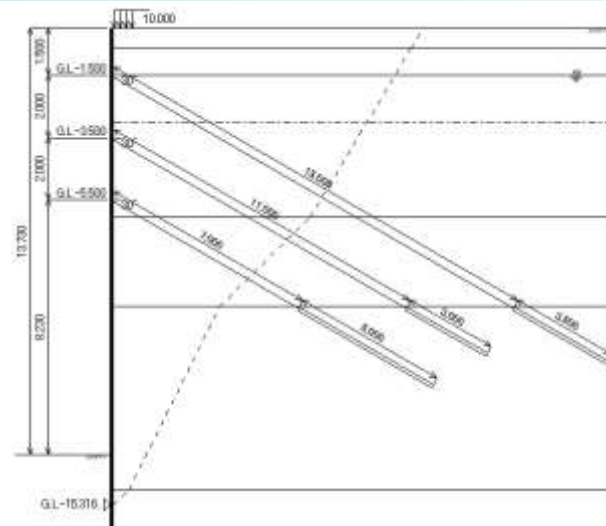
●設計反力

段	支保工反力 (kN/m)
1	67.31
2	25.70
3	156.40

●アンカー本体計算結果

段数	名 称	鋼材 本数	設計 アンカー力 P_o (kN)	許容引張力 P_{as} (kN)	判定
1	2×φ12.7mm	2	209.85	237.90	○
2	1×φ12.7mm	1	80.12	118.95	○
3	3×φ12.7mm	3	325.07	356.85	○

段数	アンカー 必要自由長 L_{freq} (m)	アンカー 決定自由長 L_f (m)	アンカー 自由長の 判定	アンカー体 必要定着長 L_{areq} (m)	アンカー体 決定定着長 L_a (m)	アンカー 定着長の 判定	アンカー 全長 L_f+L_a (m)
1	7.8	15.0	○	3.1	3.5	○	18.5
2	6.5	11.0	○	3.0	3.0	○	14.0
3	5.1	7.0	○	4.8	5.0	○	12.0



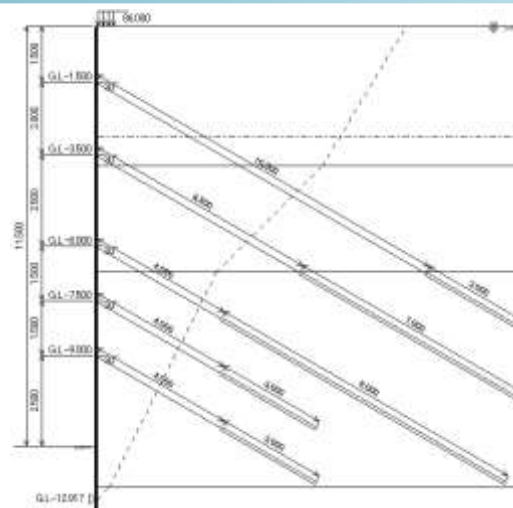
計算結果(アンカー支保工照査結果)

ケース2(修正設計)

●設計反力

段	支保工反力 (kN/m)
1	74.86
2	317.22
3	409.04
4	41.70
5	11.39

●アンカー本体計算結果



段数	名 称	鋼材 本数	設計 アンカー力 Po (kN)	許容引張力 Pas (kN)	判定
1	2×φ12.7mm	2	172.88	237.90	○
2	5×φ12.7mm	5	549.44	594.75	○
3	6×φ12.7mm	6	708.48	713.70	○
4	2×φ12.7mm	2	173.34	237.90	○
5	1×φ12.7mm	1	47.35	118.95	○

段数	アンカー 必要自由長 Lf req (m)	アンカー 決定自由長 Lf (m)	アンカー 自由長の 判定	アンカー体 必要定着長 La req (m)	アンカー体 決定定着長 La (m)	アンカー 定着長の 判定	アンカー 全長 Lf+La (m)
1	6.2	10.5	○	3.0	3.0	○	13.5
2	4.8	6.5	○	6.9	7.0	○	13.5
3	4.0	4.0	○	8.8	9.0	○	13.0
4	4.0	4.0	○	3.0	3.0	○	7.0
5	4.0	4.0	○	3.0	3.0	○	7.0

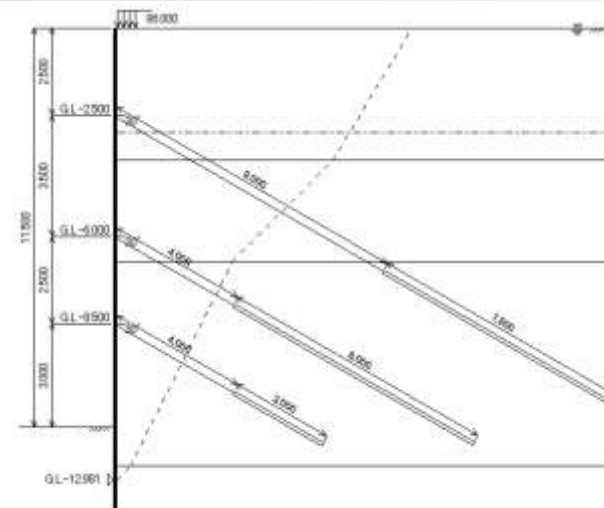
計算結果(アンカー支保工照査結果)

ケース3(実施設計)

●設計反力

段	支保工反力 (kN/m)
1	352.94
2	365.85
3	66.41

●アンカー本体計算結果



段数	名 称	鋼材 本数	設計 アンカー力 Po (kN)	許容引張力 Pas (kN)	判定
1	7×φ12.7mm	7	733.57	832.65	○
2	7×φ12.7mm	7	760.40	832.65	○
3	2×φ12.7mm	2	138.03	237.90	○

段数	アンカー 必要自由長 Lf req (m)	アンカー 決定自由長 Lf (m)	アンカー 自由長の 判定	アンカー体 必要定着長 La req (m)	アンカー体 決定定着長 La (m)	アンカー 定着長の 判定	アンカー 全長 Lf+La (m)
1	5.6	9.0	○	7.5	7.5	○	16.5
2	4.0	4.0	○	7.8	8.0	○	12.0
3	4.0	4.0	○	3.0	3.0	○	7.0

概算工事費および工費比較

■ 切梁・アンカー併用工法(ケース1)に比べて、アンカー段数5段(ケース2)に計画変更した方が、支保工の鋼材重量が減り、なおかつリース損料が必要なくなる。

→**原設計よりも修正設計の方が経済的となる。**

■ アンカー段数5段(ケース2)から特殊アンカー($\phi 165$)を用いた設計(ケース3)を比較すると、アンカー段数を減らしても、特殊アンカー自体の単価が高いため、経済的には劣るが、工期を考えると、アンカー設置本数を減らすことにより、アンカー設置工期が大幅に減少し、ケース2に比べて7割位の工期まで減少する。

■ 土留め工の設計では、一連の設計計算(慣用法・弾塑性法)および数量算出を行うことが可能であるため、このような比較検討を行うことが可能である。

	ケース 1	ケース 2	ケース 3
工事費比率	1.00	0.97	1.04
工 期	—	1.00	0.72