

第8章 土留め工

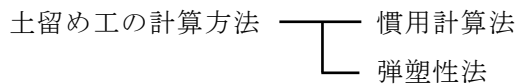
8.1 総則

8.1.1 適用の範囲

本指針の土留め工は、管きょ工事並びに立坑を開削工法で施工する場合に用いる標準的な土留め工の設計に適用する。

【解説】

本章は、土留め主材に鋼矢板、H型鋼などを用いた下水道管きょ工事仮設土留め工の設計に適用するものである。土留め工における計算方法としては、これまでに数多くの方法が提案されているが、一般的には次に示す計算方法が用いられている。



現在一般に用いられている計算方法について、その基本理論及び仮定は同じようなものであるが、細部においては各計算法固有の仮定条件なり制約条件を設けてその特徴を出している。

一般的には、砂質土のような良質の地盤なら15m程度、沖積粘性土のような軟弱地盤では10m程度までの深さなら慣用計算法でも良いが、それ以上の規模の土留め工に対しては弾塑性法など、掘削過程の変形を考慮した計算法などにより行うものとされている。本章で示す計算方法は一般的に使用されている慣用計算法と弾塑性法であり、それぞれの適用範囲としては前者が一般的な使用例から掘削深さを15m程度、後者については「トンネル標準示方書開削工法・同解説（土木学会）」で適用掘削深さを40m程度と限定していることから、本指針においても40m程度とする。

ただし、立坑の場合、連続した溝状の土留めとは土圧の分布形状や大きさが異なると考えられるので、適用に当たっては十分検討して適宜修正する必要がある。また、地山背面が傾斜している場合や付近に盛土がある場合でも、これらを考慮のうえ準用する。

掘削深さが40mを超えるような場合や、地盤のN値が全体的に2を下回るような地盤の掘削においては慎重な検討が必要であり、条件によっては地盤改良などの補助工法の採用を考慮するなど、開削工法から他の工法への検討を考える必要がある。

8.1.2 参考文献及び関連法規

土留め工に関連する参考文献及び関連法規は、「建設工事公衆災害防止対策要綱の解説（国土交通省監修）」及び「トンネル標準示方書開削工法・同解説（土木学会）」より引用する。他企業構造物との近接施工となる場合には当該企業適用指針・基準の確認を行う。各指針・基準類の適用は最新版とする。

【解説】

土留め工に引用または参考とした文献は上記のとおりであるが、このほか種々の設計指針及び基準、関連法規があり、設計指針及び基準の主なものについて表8.1に示す。また、参考として主な関連法規を表8.2に示す。

表8.1 土留め工に関する主な指針及び基準

学会・協会・企業社名	指針・基準名	制定（改訂）年月
日本建築学会	近接山留めの手引き	平成27年10月
N E X C O 総研	設計要領第二集 橋梁建設編	平成28年 8月
首都高速道路株式会社	仮設構造物設計要領	平成31年 3月
鉄道総合技術研究所	鉄道構造物等設計基準・同解説（開削トンネル）	平成13年 3月
日本下水道事業団	一般仕様書・土木工事必携	令和 2年 4月
日本道路協会	道路土工 仮設構造物工指針	平成11年 3月
国土交通省	建設工事公衆災害防止対策要綱の解説	令和元年 9月
土木学会	トンネル標準示方書 開削工法編・同解説	平成28年 8月

表8.2 主な関連法規

種別	法規名	主な規制事項	公布年月
道路	道路法	1. 道路の占用 2. 道路及び沿道地域の掘削 3. 道路付属物の撤去など 4. 土留め杭・アースアンカーなどの道路下存置	昭和27年6月
	道路交通法	道路上の作業	昭和35年6月
公害	騒音規制法	工事騒音に対する規制	昭和43年6月
	振動規制法	建設騒音振動防止対策の指針	昭和51年6月
	建設工事に伴う騒音振動防止対策技術指針	建設騒音振動防止対策の指針	昭和51年3月
	神奈川県公害防止条例	環境保全のための工事の規制	昭和53年3月
	廃棄物処理及び清掃に関する法律	高含水の残土、廃泥水、建設廃材の処理・処分に対する規制	昭和45年12月
安全	労働安全衛生法 労働安全衛生規則及び関連法規	労働災害防止のため遵守する安全措置	昭和47年6月

8.1.3 土留めを必要とする掘削

掘削の深さが 1.5m 以上の場合には、原則として土留め工を施すものとする。

地盤の掘削においては、掘削の深さ、掘削を行う期間、地盤性状、敷地及び周辺地域の環境条件等を総合的に勘案した上で、関係法令等の定めるところにより、その形式及び掘削方法を決定し、安全かつ確実に工事が施工できるようにしなければならない。

【解説】

土留め工法の選定に当たっては、安全性、確実性、経済性、工期及び周辺への影響などを考慮しなければならない。土留め工の形式を土留めの種類によって分類すると以下のようなものである。

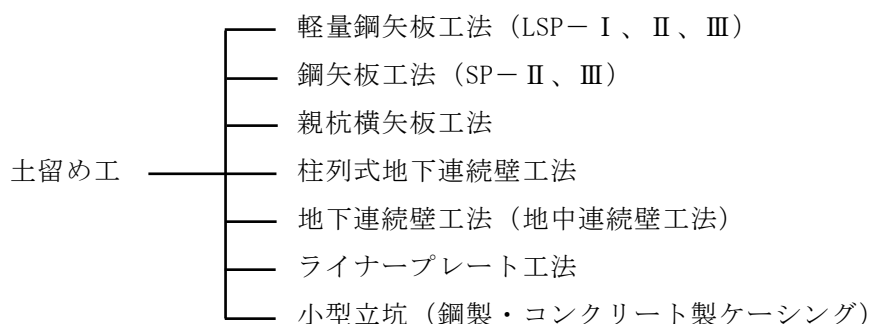


図8.1 土留め工の種類

建設工事公衆災害防止対策要綱（土木工事編）の解説によると、土留工の要否は建築基準法における山留めの基準に準じるものとされている。建築基準法施行令第136条の3では、1.5m以上の根切り工事を行う場合は地盤が崩壊するおそれがないとき、及び周辺の状況により危害防止上支障がないときを除き、山留めを設けなければならないとされている。

したがって、本指針でも掘削の深さが1.5m以上の場合には、原則として土留め工を施すものとする。ただし、掘削の深さが1.5m未満であっても崩壊の危険が大きいと判断される場合においては、土留め工を施さなければならない。

なお、掘削の深さが3mを超えるような重要な土留め工を大規模掘削とする。一方、掘削の深さが3m以下で支保工に1段ないし2段の腹起し切ばりを用いた簡易な土留め工を小規模掘削とする。

土留め工において状況によっては地下水の処理が問題となるが、地下水位を掘削底面下に低下させる排水工法と、掘削周面及び底面を不透水性にして地下水の流入を防ぐ止水工法とがある。

8.2 土留め工の設計

8.2.1 大規模掘削の場合

掘削の深さが3 mを超えたり、周辺地域への影響が大きいと予想される場合など重要な仮設工事を行う場合には、原則として土質調査などで土質状況を把握し、十分検討を行う必要がある。

【解説】

(1) 土留め工の設計手順

土留め工の計画は、災害・障害を防止し、安全な施工を行えることを前提とし、図8.2に示す手順により行うものとする。

土留め工の設計手順としては、まず、計画の基礎となる事前調査から始め、掘削の規模や工事条件に適した土留め工法を選定し、工事施工手順を十分考慮した地盤の安定、土留め各部への応力状態変化の検討、さらに必要に応じて施工中の計測計画の立案を進める必要がある。

図8.2に設計手順、表8.3に大規模掘削及び立坑における土留めの特徴を示す。

(2) 重要な仮設における土留め工の最小部材

重要な仮設における土留め工に使用する最小部材については、「トンネル標準示方書開削工法・同解説（土木学会）」および、「道路土工 仮設構造物工指針（日本道路協会）」を参考とする。

なお、軽量鋼矢板の使用については、その定尺長を考慮したうえで、構造計算を行うことを前提に、掘削深さ4 m程度までこれを認めるものとする。

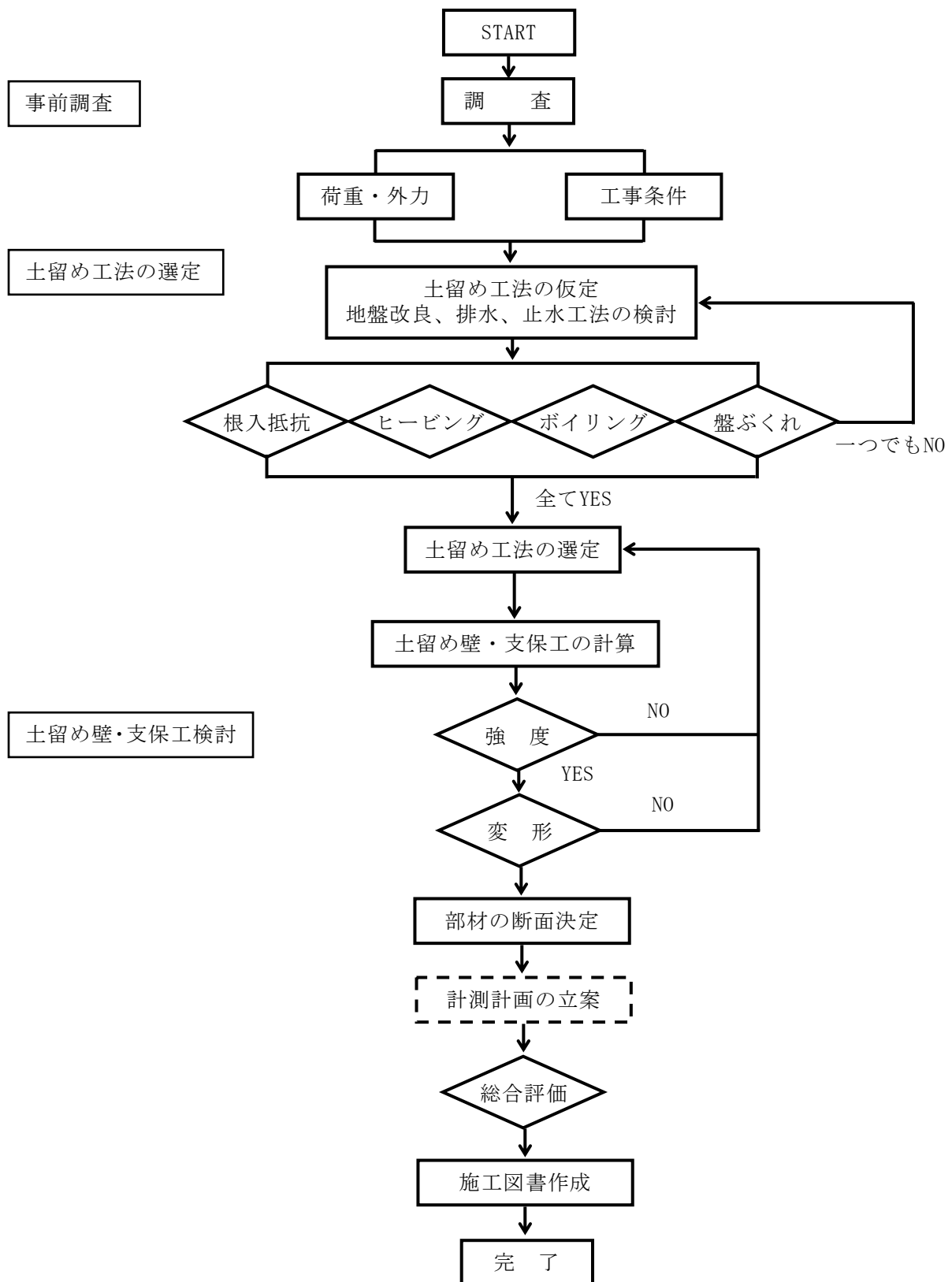


図8.2 設計手順

表8.3 土留めの特徴（大規模掘削及び立坑）

項目 工法	粘性土		砂質土		砂礫	止水性	振動 騒音	地盤沈下	作業用地	施工 深さ (根切り 面まで)	施工 精度	工 費
	N値 4 以下	N値 5 以上	N値 20 以下	N値 20 以上								
鋼矢板工法	○	○	○	○ ※-1	×	○	低振動 低騒音 工法に より少 なくで きる	軟弱な地 質では 検討が 必要で ある。	車両の 入る スペース が必要	地下20m	○	◎
親杭横矢板工法	△	○	△ 水ナシ	△ 水ナシ ※-1	×	×	同上	同上	同上	地下20m	△	◎
柱列式地下 連続壁工法 (SM、BHなど)	○	○	○	○	△	○	ほとん ど無し	なし	△ ※-2	地下25m	△	×
地下連続壁工法	○	○	○	○	○	○	ほとん ど無し	なし	△ ※-3	地下50m	○	×
ライナー プレート工法	△	○	△ 水ナシ	○ 水ナシ	○ 水ナシ	×	ほとん ど無し	△	大きな 用地は 不必要	土質 により 異なる	○	○
小型立坑 (鋼製・コンクリート製)	○	○	○	○	×	○	ほとん ど無し	なし	大きな 用地は 不必要	地下8m	○	○

注) ※-1 場合によりオーガ併用
 ※-2 BHの場合は狭くとも可。
 ※-3 泥水処理プラント、鉄筋かご、インターロッキングパイプの作業用地が必要。
 ◎ 最適
 ○ 適
 △ 採用に当たり注意が必要
 × 不適

8.2.2 小規模掘削の場合

掘削の深さが3 m以下の土留め工を小規模掘削とし、この場合は設計計算を省略することができる。

【解説】

(1) 小規模掘削の場合の土留めの設計

掘削の深さが3 m以下で、軽量鋼矢板等を用いた小規模な掘削における土留め工に適用する。なお、引用する設計指針類としては、「道路土工 仮設構造物指針（日本道路協会）」において、3 m以下の小規模掘削の場合に軽量鋼矢板の適用があるため、小規模掘削に限定しこれを引用する。

掘削深さが浅い小規模な掘削においては、土質の変化が少なく、荷重の変動も小さいと想定できるため、標準的な土質定数を設定し、これに基づく数種類の計算結果に基づく土留め選定表を設定した。計算を省略する場合は、これを参考に土留めを選定できるものとする。

ただし、掘削深さが3 m以内であっても、土質条件が適合しない場合や周辺に重要構造物がある場合、崩壊の危険が大きいと判断される場合等においては、土留め工の設計計算を実施しなければならない。

表8.4に小規模掘削における土留め工の特徴を示す。

表8.4 小規模掘削における土留めの特徴

使用条件 土留めの種別	地盤条件				施工環境			その他	
	軟弱土	普通土	硬質土	地下水のある箇所	騒音・振動	周辺の地盤沈下	壁体の曲げ剛性	工費	地下埋設物のある箇所
LSP-I型	△	◎	○	×	◎	△	△	◎	◎
LSP-II、III型	○	◎	×	○	△	△	△	○	×
SP-II、III型	◎	◎	×	◎	△	○	○	△	×
H型钢 打込み	△	◎	×	×	△	△	△	○	○
横矢板工 建込み	△	◎	◎	×	◎	△	×	△	◎

◎：有利 ○：普通 △：不利 ×：検討を要する

注1) 地盤改良工及び他工法を併用しない場合。

(2) 土留め選定表適用にあたっての留意点

ア 土質条件について

- ・ 設計にあたっては、既存資料等により工事区域の土質状況を確認するとともに、必要に応じ土質調査や土質試験を行わなければならない。
- ・ 鉄道や高速道路など、重要構造物が近接しているような場合は、地盤調査や土質試験を実施し、土質状況を確認しなければならない。
- ・ 土留め選定表中の土質区分にある普通土とは、粘着力を期待できる土質及び関東ロームを想定している。
- ・ 土留め選定表の作成にあたり実施した構造計算では、各土質の標準的な土質定数を設定したので、これを参考資料に記載した。土留め選定表の使用にあたっては、参考資料を参照のうえ適用の判断をすること。これに地盤条件が適合しないと判断される場合は別途構造計算を行い、土留めの安全性を確認すること。

イ 適合範囲について

- ・ 土留め選定表において、軽量鋼矢板の適合範囲は次のとおり判定する。
 - 適合範囲。
 - 適合可否の土留め計算を行う。
- ・ 土留め計算を行うにあたっては、参考資料に計算例を掲載しているので適宜参照すること。また、建込工法の土留め計算を行うにあたっては、地盤の自立性含めて検討すること。
- ・ 交通量が多い所や家屋密集地等では、矢板のランクを上げることを検討する。
- ・ 地下水が高く、軟弱な地盤等においては、必要に応じて別途計算するなど検討を要する。

ウ 支保工について

支保工は軽量金属支保工を標準とする。

エ その他

土留め選定表の作成において実施した構造計算書については、技術監理課にて管理する。

(3) 土留め選定表の適用による構造計算の省略

土留選定表は表8.5のとおりとし、軽量鋼矢板の使用区分としては次のとおりとする。

ア LSP-I型

上部掘削と同時に軽量鋼矢板を建込み、根入れを常に確保しながら繰り返し掘り下げて床付ける建込工法に適用する。なお、建込工法の適用範囲は掘削深さ2.5mまでとし、掘削底面より地下水位が高い場合には適用しないことを標準とする。

イ LSP-II型

軽量鋼矢板打込み工法に適用する。

ウ LSP-III型

軽量鋼矢板打込み工法及び圧入工法に適用する。

表8.5 土留め選定表

土質	土留め	適用工法	根入れ長	掘削深さ (m)			
				0	1	2	3
普通土 (関東ローム)	LSP-I	建込工法	0.2m以上		●—○		
	LSP-II	打込み工法	掘削深H/2			●—○	
	LSP-III	打込み工法 圧入工法	掘削深H/2			●—○	●—○
粘性土 (軟弱土)	LSP-II	打込み工法	掘削深H/2	●—○		●—○	
	LSP-III	打込み工法 圧入工法	掘削深H/2	●—○		●—○	●—○
砂質土 (地下水なし)	LSP-II	打込み工法	掘削深H/2	●—○		●—○	
	LSP-III	打込み工法 圧入工法	掘削深H/2	●—○		●—○	●—○

(4) 土質定数の推定

土質試験を行わなかった場合でも、土質状況（N値）から設計に必要な土質定数を推定する方法が提案されている。参考として表8.6、表8.7および表8.8にN値と土質定数との関係を示す。

なお、鉄道や高速道路施設などの重要構造物が近接しているような場合は、土質試験を行うなどして確認をしなければならない。

1) N値による砂質土の土質定数の推定

表8.6 砂のN値と相対密度、内部摩擦角との関係

N 値	相対密度 $Dr = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$	(内部摩擦角 Peck による)
0 ~ 4	ごく緩い	28.5° 以下
4 ~ 10	緩い	28.5° ~ 30°
10 ~ 30	締まった	30° ~ 36°
30 ~ 50	密な	36° ~ 41°
50 以上	ごく密な	41° 以上

注) 粘着力は $c=0\text{kN/m}^2$ とする。

2) N値による粘性土の土質定数の推定

表8.7 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 ($\text{kN/m}^2(\text{tf/m}^2)$)	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)

注) 内部摩擦角は $\phi=0^\circ$ とする。

3) N値による粘性土地盤定数の推定

表8.8 粘性土のN値とコンシステンシー、一軸圧縮強さとの関係

粘土の コンシステンシー	N 値	現場観察	一軸圧縮強さ qu (kPa)
非常に軟らかい	< 2	こぶしが容易に 10 数 cm 入る。	< 25
軟らかい	2 ~ 4	親指が容易に 10 数 cm 入る。	25 ~ 50
中位の	4 ~ 8	努力すれば親指が 10 数 cm 入る。	50 ~ 100
硬い	8 ~ 15	指で凹ませられるが、突っ込むことは大変である。	100 ~ 200
非常に硬い	15 ~ 30	爪でしるしが付けられる。	200 ~ 400
固結した	> 30	爪でしるしを付けるのが難しい。	> 400