

令和4年度 構造物(基礎)実務研修

擁壁設計一般論

令和4年12月14日(水)

13:10~14:30



はじめに 擁壁がつくられる理由



- 道路は通常、盛土あるいは切土といった土工により構築される。法面の安定勾配は土質や気象条件などによって異なるが一応の目安は
切土 → $1:0.3 \sim 1:1.5$
盛土 → $1:1.5 \sim 1:2.0$
(「道路土工のり面工・斜面安定工指針」)
とされている。しかし、法面勾配を確保を前提とした土工のみでは種々の問題が発生する。



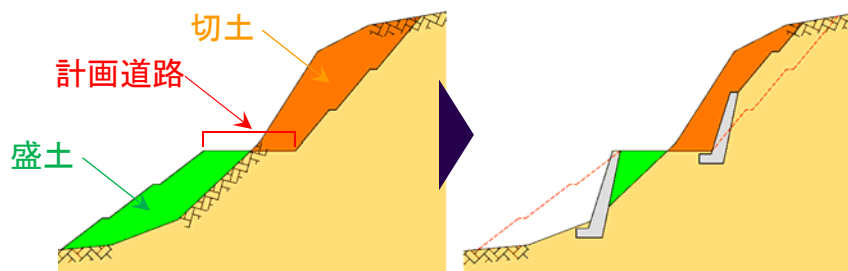
はじめに

擁壁がつくられる理由



■山岳部に計画される道路の場合

- 安定勾配で計画すると大規模な、切土・盛土が必要になり、多額の工事費を必要とするばかりでなく地山の安定を損ねる恐れがある。
- このような場合、擁壁を設置すると土量を軽減することができ、斜面崩壊や地すべりの発生を抑えることができる。



(a) 山岳部の道路



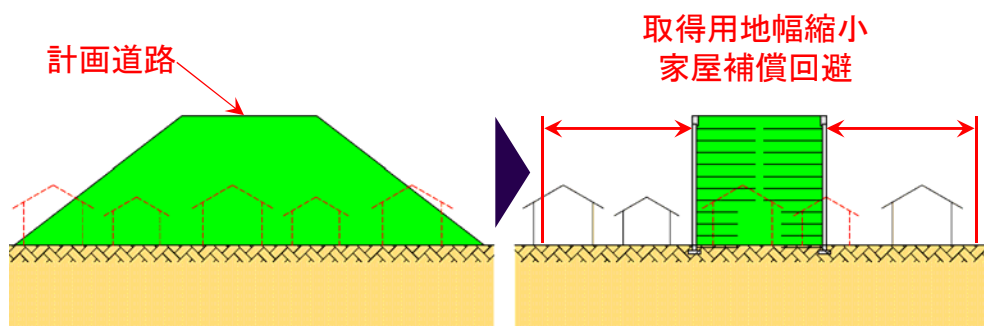
はじめに

擁壁がつくられる理由



■市街部に計画される道路の場合

- 市街区間に盛土して作られる場合では、擁壁を設置することで道路の占有幅が少なくなり、道路敷地取得費＋家屋補償費を節減することが可能。



(b) 市街区間の道路



はじめに

擁壁がつくられる理由

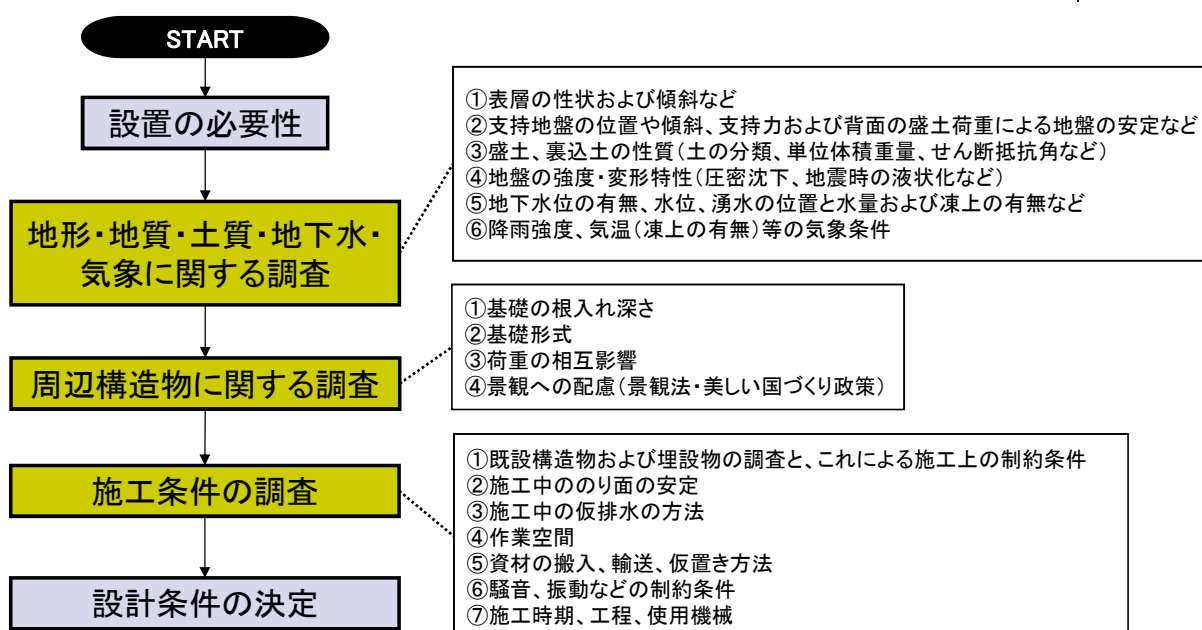


- 擁壁は工事の安全性、経済性、施工性、用地制約等の現地条件から安定勾配よりも急な盛土・切土を必要とする場合に作られる。
- 擁壁は壁面材料・壁面形状等により多種多様の工法が選定可能である。よって現場条件、経済性、施工性、景観等の得失を十分に吟味し最適工法を決定することが重要である。
- 近年では、施工性、経済性から補強土壁が擁壁の代表的工法となっている。



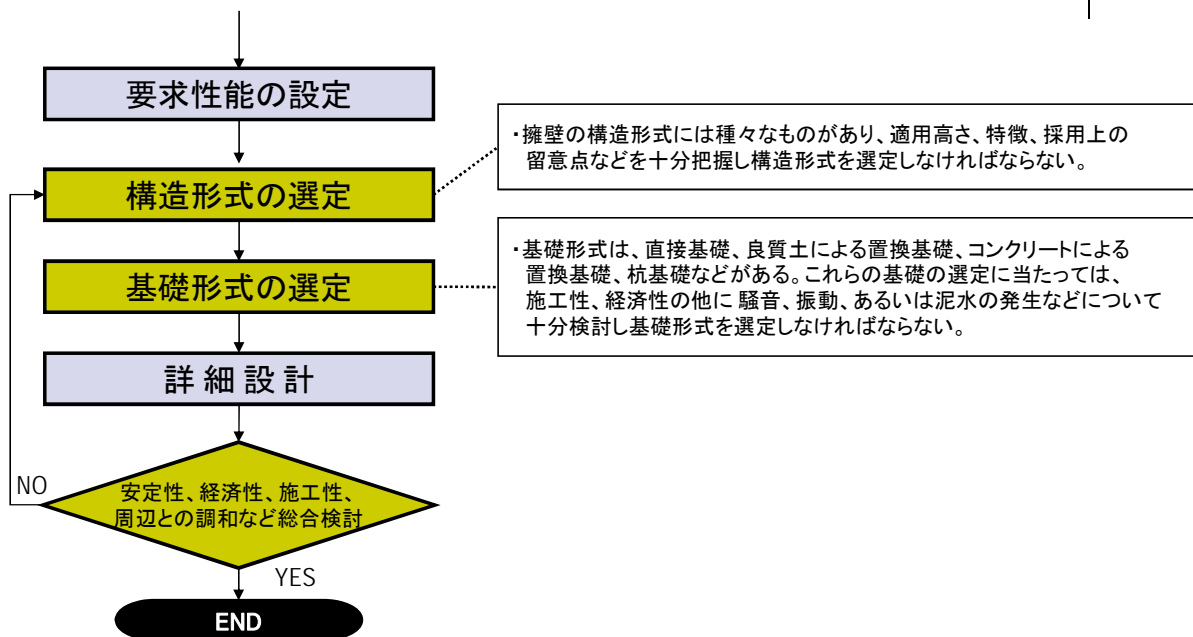
1. 擁壁の設計計画

1-1 設計フローチャート



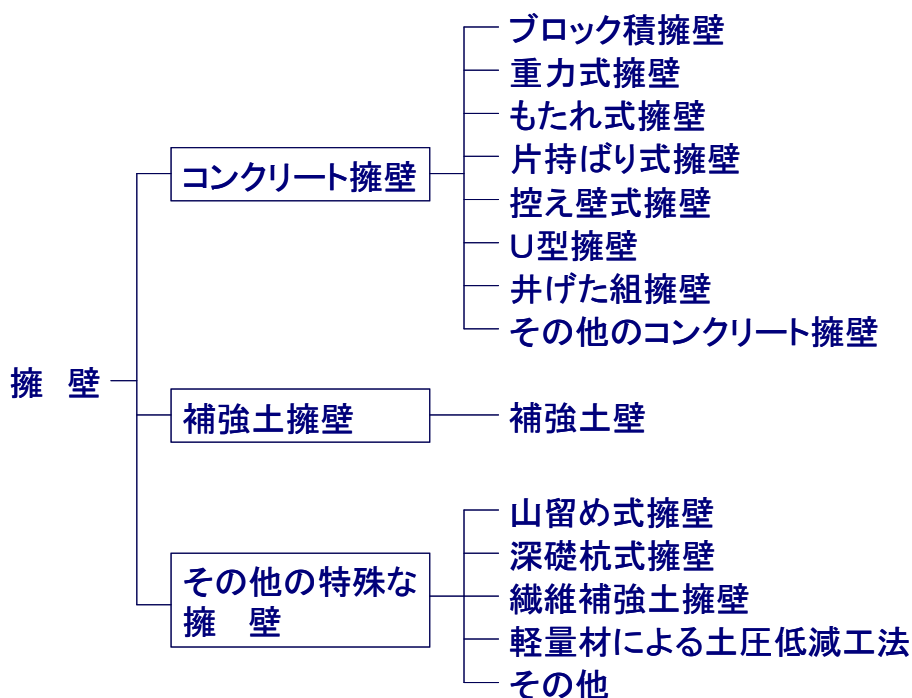
1. 擁壁の設計計画

1-1 設計フローチャート



1. 擁壁の設計計画

1-2 擁壁の種類と特徴



1. 擁壁の設計計画

1-2 擁壁の種類と特徴



① 重力式擁壁

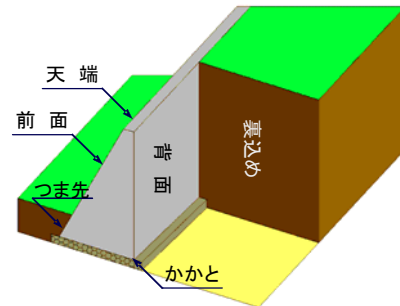
特 徴

- 自重によって水平荷重を支持し、躯体断面に引張応力が生じない断面とする。

採用上の留意点

- 底版反力が大きいため支持地盤が良好な箇所に用いる。
- 杭基礎となる場合は適していない。

形 状 図



1. 擁壁の設計計画

1-2 擁壁の種類と特徴



② もたれ式擁壁

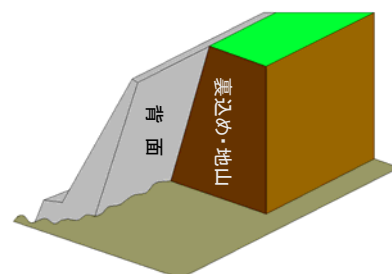
特 徴

- 地山あるいは裏込め土などに支えられながら自重によって土圧に抵抗する。
- 海岸擁壁での採用が多い。

採用上の留意点

- 支持地盤は岩盤などの堅固なものが望ましい。

形 状 図



1. 擁壁の設計計画

1-2 擁壁の種類と特徴



③ ブロック積擁壁

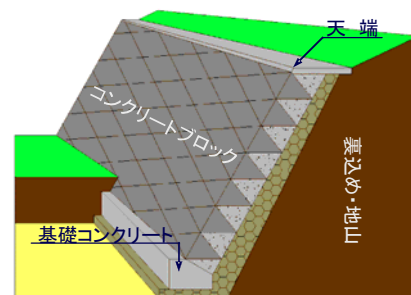
特 徴

- のり面下部の小規模な崩壊の防止、のり面の保護に用いる。

採用上の留意点

- 背面の地山が締まっている場合や背面土が良好であるなど土圧が小さい場合に用いる。
- 構造形式として比較的耐震性に劣る。
- 統一された設計手法が無く、形状寸法は経験によるところが多い。

形 状 図



直高とのり面勾配の関係(控長 ≥ 35 cm)

直 高 (m)		~1.5	1.5 ~3.0	3.0 ~5.0	5.0 ~7.0
のり面 勾 配	盛土	1:0.3	1:0.4	1:0.5	1:0.6
	切土	1:0.3	1:0.3	1:0.4	1:0.5
裏込めコンクリート厚 (cm)		5	10	15	20

1. 擁壁の設計計画

1-2 擁壁の種類と特徴



④ 片持ちばり式擁壁

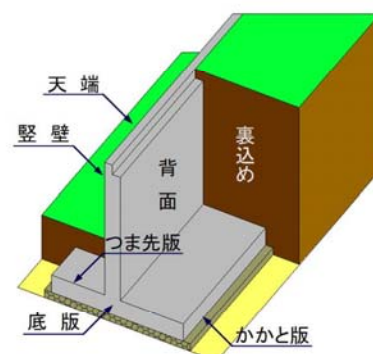
特 徴

- 水平荷重に対したて壁が片持ちばりとして抵抗する。
- かかと版上の土の重量を擁壁の安定に利用できる。
- たて壁の位置により逆T型、L型、逆L型と呼ばれる。

採用上の留意点

- プレキャスト製品も多くある。
- 杭基礎が必要な場合にも用いられる。

形 状 図



1. 擁壁の設計計画

1-2 擁壁の種類と特徴



⑤ U型擁壁

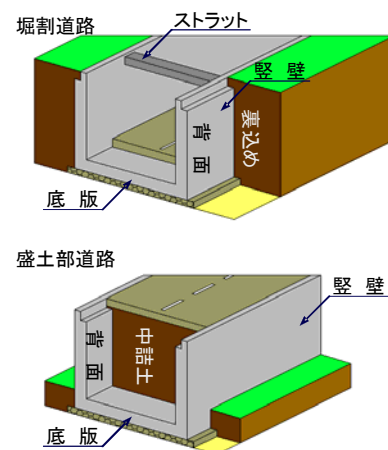
特 徴

- 側壁と底版が一体となっており、掘割道路などに用いられる。
- 側壁間にストラットを設ける場合がある。
- 中詰土によって盛土部擁壁となる形式もある。

採用上の留意点

- 地下水位以下に適用する場合が多く、水圧の影響を考慮したり浮上がりに対する安定を検討する必要がある。

形 状 図



1. 擁壁の設計計画

1-2 擁壁の種類と特徴



⑥ 控え壁式擁壁

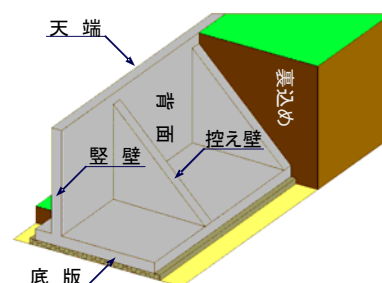
特 徴

- たて壁および底版は控え壁で支持されるものと考えるため、片持ばり式擁壁に比べ、高さが高くなる場合に有利である。

採用上の留意点

- 躯体の施工および背面土の施工が難しい。
- 杭基礎が必要な場合にも用いられる。

形 状 図



1. 擁壁の設計計画

1-2 擁壁の種類と特徴



⑦ 井げた組擁壁

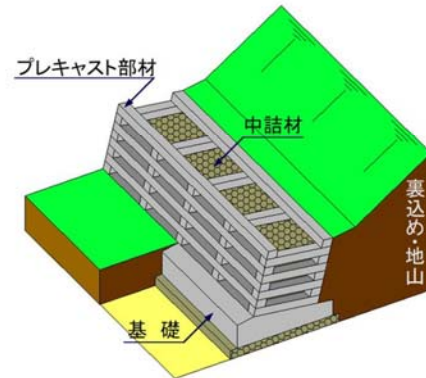
特 徴

- プレキャストコンクリートなどの部材を井げた状に組み中詰め材を充填するもので、透水性に優れる。
- 部材および中詰め材重量により水平荷重に抵抗する。

採用上の留意点

- もたれ式擁壁に準じた設計を行う。

形 状 図



1. 擁壁の設計計画

1-2 擁壁の種類と特徴



⑧ 補強土壁

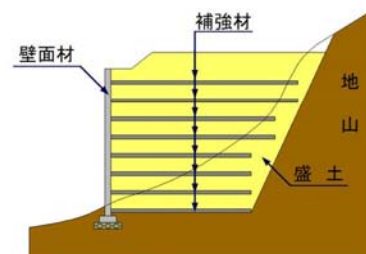
特 徴

- 補強材と土の摩擦やアンカープレート（アンカープレート）の支圧によって土を補強して壁体を形成するものでさまざまな工法がある。

採用上の留意点

- 補強効果を発揮するためにある程度の変形が生じる。
- 比較的軟弱な地盤においても直接基礎とすることができる場合があるが、全体安定などに対し十分な検討が必要である。
- 盛土材料及び施工管理が重要な工法である。

形 状 図



壁面勾配	区 分	経済性
鉛直	垂直補強土壁	高価
1:0.3 ~ 0.5	傾斜補強土壁	中庸
1:0.6 ~	補強盛土	安価



1. 擁壁の設計計画

1-2 擁壁の種類と特徴



⑨軽量盛土材料の種類と特徴

軽量盛土材	単位体積重量 (kN/m ³)	特 性
EPSブロック	0.1 ~ 0.3	超軽量性、自立性、合成樹脂発泡体
発泡ウレタン軽量土	0.4 程度	超軽量性、自立性、流動性、自硬性
気泡混合軽量土 (FCB)	5 ~ 13	密度調整可能、流動性、自硬性、発生土利用可
発砲ビース混合軽量土	7 ~ 13	密度調整可能、土に近い締固め・変形特性 発生土利用可
スパーソル	3 ~ 4 程度	ガラスびんから製造、粒状材
石炭灰・水砕スラグ等	10 ~ 15 程度	粒状材、自硬性
火山灰土	12 ~ 16	天然材料



1. 擁壁の設計計画

1-2 擁壁選定条件の目安



凡例 ○: 適合性が高い △: 場合によっては適合性がある ×: 適合性が低い			間知ブロック積み擁壁	大型ブロック積み擁壁	重力式擁壁	もたれ式擁壁	逆丁式擁壁	現場打ちし型擁壁	プレキャストし型擁壁	逆し型擁壁	控え壁式擁壁	U型擁壁	補強土壁擁壁	軽量盛土擁壁
擁壁構造	設置箇所	切土部	○	○	△	○	×	×	×	△	×	×	×	×
		盛土部	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	擁壁高	1~3m	○	△	○	○	△	○	○	○	×	○	△	○
		3~5m	○	△	○	○	○	○	△	○	△	○	○	○
		5~8m	△	○	△	○	○	○	×	○	○	○	○	○
		8~10m	×	○	△	○	○	△	×	×	○	△	○	○
		10~12m	×	○	△	△	△	×	×	×	○	×	○	△
		12~15m	×	○	△	△	△	×	×	×	○	×	○	△
		15m~	×	×	△	×	×	×	×	×	×	×	○	×



1. 擁壁の設計計画

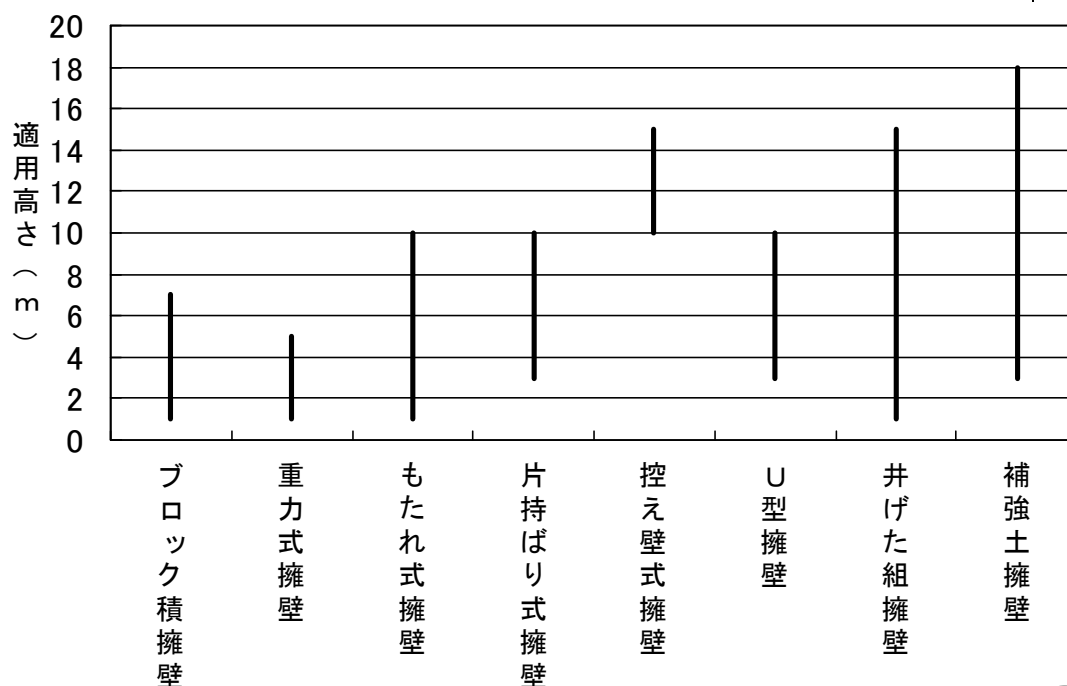
1-2 擁壁選定条件の目安



凡例 ○:適合性が高い △:場合によっては適合性がある ×:適合性が低い			間知ブロック積み擁壁	大型ブロック積み擁壁	重力式擁壁	もたれ式擁壁	逆丁式擁壁	現場打ちし型擁壁	プレキャストし型擁壁	逆し型擁壁	控え壁式擁壁	U型擁壁	補強土壁擁壁	軽量盛土擁壁
	壁面勾配	鉛直	×	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○
		1:0.3	○	○	○	○	△	△	×	○	△	○	○	×
		1:0.5	○	○	○	○	×	×	×	×	×	△	○	×
		1:1.0	○	○	×	○	×	×	×	×	×	×	△	×
地盤条件	支持地盤	軟弱地盤	△	×	×	×	○	△	△	×	○	○	○	○
		傾斜大	○	○	○	○	△	△	△	△	△	×	△	△
	基礎形式	杭基礎	△	×	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○
施工条件	擁壁前方の用地制約		×	×	○	×	×	○	○	×	×	○	○	○
	背後の掘削制約		○	○	△	○	×	×	×	○	×	×	×	×
	作業の迅速性		△	○	△	△	×	×	○	×	×	×	○	○
	大型重機の進入不可		○	×	○	○	○	○	×	○	○	○	△	○

1. 擁壁の設計計画

1-3 擁壁形式と適用高の目安



1. 擁壁の設計計画

1-4 わが国の擁壁形式の動向



① 昭和20～40年(間知ブロック積擁壁主流)

古来からわが国では、伝統的技法に基づいた間知石積が擁壁として用いられてきた。(城の石垣等)昭和20年代の中頃から土木事業が活発になり、間知石の需要が増えてきたことから、当時高知県の土木技師であった河野通廣氏が昭和25年にコンクリート製の**間知ブロック**を考案し、全国に先駆けて製造を開始した。間知ブロックは、間知石に比べて低価格でしかも大量生産が可能であったことから急速に普及した。

昭和34年に来襲した伊勢湾台風は九州を除く全国に甚大な被害をもたらした。この災害復旧を契機に、土佐県土佐市高岡町の広瀬徹氏の考案したスクラム式間知ブロックが全国の土木工事に大量に採用され、間知ブロック積み擁壁は黄金期を迎えた。

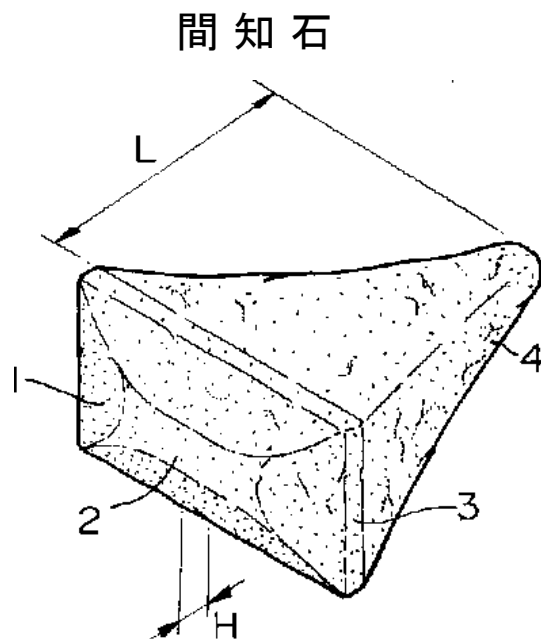
間知石：日本独特の石垣用の石材。

面(つら)はほぼ方形で、奥を次第に細くした角錐台のもの。



1. 擁壁の設計計画

1-4 わが国の擁壁形式の動向



1. 擁壁の設計計画

1-4 わが国の擁壁形式の動向



②昭和40年～平成10年(コンクリート擁壁主流)

昭和30年代末になると、石工の不足が目立ち始めるとともに、各地に生コンプラントが建設され、場所打ちコンクリートの施工が容易になり、次第に重力式擁壁や逆T式擁壁の施工が増加するようになった。そして昭和40年代に入ると間知ブロック積み擁壁の適用箇所は、災害復旧工事や市町村道が主体となり、主要地方道や国道などの工事から次第に姿を消していった。



1. 擁壁の設計計画

1-4 わが国の擁壁形式の動向



③最近の動向年(補強土主流～多自然型擁壁等の多様化)

i) ブロック積み擁壁の採用

近年、建設現場の労働者不足と高齢化、建設コスト削減を背景として、土木工事の省力化、工期短縮、経費削減に大型ブロックを用いた機械施工が注目されている。また一方で、自然環境、生体系保護が重視されるようになり、緑化ブロックや魚巣ブロックといった特殊ブロックの需要が増加している。

ii) プレキャスト化

従来現場打で施工されてきた逆T式擁壁等が、高さ3～4m以下のものについては次第にコストの安いプレキャスト製品に転換しつつある。



1. 擁壁の設計計画

1-4 わが国の擁壁形式の動向



③最近の動向年(補強土主流～多自然型擁壁等の多様化)

iii) 構造簡素化

従来、資材の最小化が経済設計であるとされてきたが、人件費の高騰と現場労働者の不足で省力化施工に重点が移ったといえる。すなわち材料を節約するよりも、構造を単純化して手間を省くことで経済的メリットが大きいのである。これにより、堅壁や底版にテーパーをつけず等厚としたり、鉄筋の段落しを省略する等の構造簡素化が採用されている。



1. 擁壁の設計計画

1-4 わが国の擁壁形式の動向



③最近の動向年(補強土主流～多自然型擁壁等の多様化)

iv) 補強土壁の普及

近年急速に普及している工法として補強土壁をあげることができる。1974年にわが国で初めて導入されたテールアルメ工法は、1982年に『補強土(テールアルメ)壁工法設計・施工マニュアル』が(財)土木研究センターから発刊されたのを機会に、ジオテキスタイル、ジオグリッドあるいは鉄筋などを用いた新製品を次々に誕生させるきっかけとなった。

しかし、道路事業で補強土壁が擁壁として認知されたのは、平成11年の『道路土工―擁壁工指針』改訂されるまで20年以上の歳月が必要であった。



2. 補強土工法

2-1 工法概要



- 補強土壁は、盛土内に補強材を設置することで垂直あるいは垂直に近い壁面を構築する土留め構造物である。
- 補強土壁の原理は、壁面に作用する土圧に対して、盛土内に配置した補強材の引抜き抵抗力によって釣り合いを保ち、土留壁としての機能を発揮させるものである。



2. 補強土工法

2-1 工法概要



- 補強土壁は、補強材、壁面材、壁面勾配の種類によって多種の工法が存在し、設計・施工方法が工法によって示されているが、設計法については統一されていない。
- 設計の考え方は、基本的に各工法のマニュアルに準拠することを原則とするが、共通して準拠すべき基本事項および留意点は「道路土工・擁壁工指針」による。



2. 補強土工法

2-1 工法概要



盛土材に補強材を入れて土を補強する工法はかなり古い時代から行われてきた。

例えば、

- 古代中国では紀元前から葦や竹などの小枝を粗朶(そだ)状にして土構造物の補強材として利用。
- わが国でも軟弱地盤上に盛土する場合に補強材として粗朶を敷設する方法が江戸時代に利用されていた。



粗朶(そだ)の例

2. 補強土工法

2-2 補強土壁の定義



- 補強土壁は補強土工法の内、壁面勾配が垂直に近い形態の土留め構造の総称である。
- 補強土工法は大別して盛土補強土と切土補強土に分類できる。
- 盛土補強土は、法(壁面)勾配に応じて、補強盛土と補強土壁に分類される。

2. 補強土工法

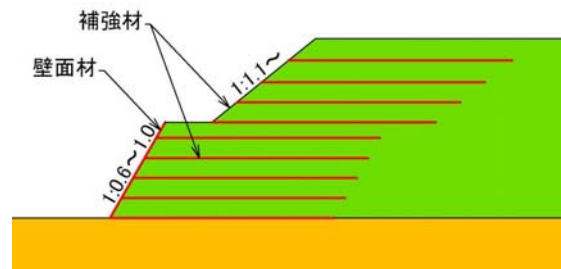
2-2 補強土壁の定義



(1) 補強盛土

盛土内に補強材(主としてジオテキスタイル)を設置し、盛土安定勾配(1:1.5~1.8)よりも急な盛土勾配にて盛土を構築する工法。

盛土法面勾配が1:0.6~を補強盛土工法としている。



- 盛土法面勾配 1:0.6~1.0
盛土表面の崩壊、長期安定のため壁面材を設置する。
- 盛土法面勾配 1:1.1~
壁面材は設置しない



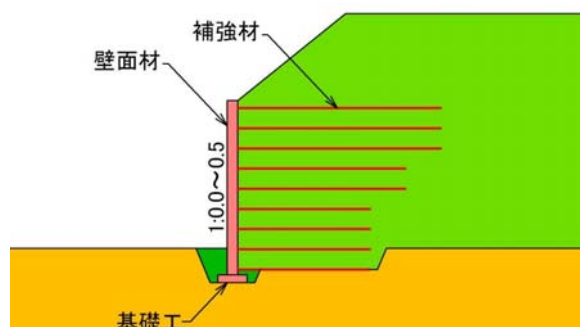
2. 補強土工法

2-2 補強土壁の定義



(2) 補強土壁

盛土内に補強材を設置し、壁面材と連結することで垂直に近い壁面勾配(1:0.0~0.5)で土留め壁を構築する工法。



- 垂直補強土壁
壁面勾配が垂直
壁面材はコンクリートパネルが多用される。
- 傾斜補強土壁
壁面勾配 1:0.1~0.5
壁面材は鋼製枠が多用される。



2. 補強土工法

2-2 補強土壁の定義

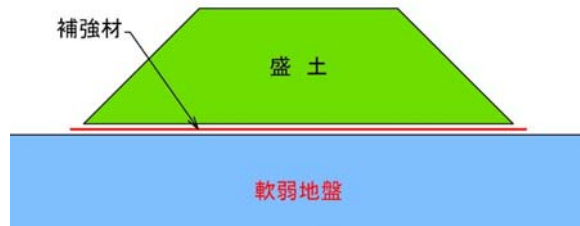


(3) 地盤補強

軟弱地盤の表面や表層に補強材を水平に敷設し、トラフィカビリティーの確保や盛土、交通荷重に対する支持力補強や不同沈下軽減を目的とした工法。

敷網工法などとも呼ばれ、広大な面積の埋立地などの超軟弱地盤に適用されることが多い。

補強材としてジオテキスタイルを用いたシート工法やネット工法、ロープネット工法などがある。



2. 補強土工法

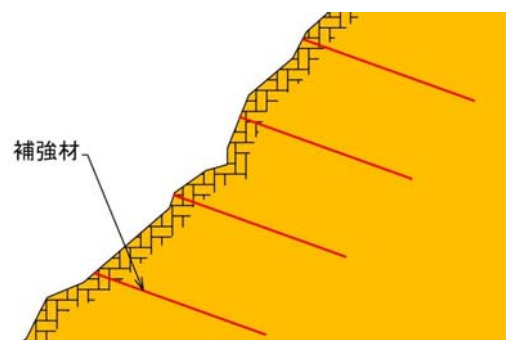
2-2 補強土壁の定義



(4) 地山・切土補強

自然地山や既設盛土対して棒状の地山補強材を設置し安定化を図ったり、地山掘削に合わせて地山補強材や吹き付けコンクリート枠を打設することによって地山の急勾配化を図る工法。

グラウンドアンカー、鉄筋挿入工法やトンネル(NATM工法)掘削もこれに準じた工法である。



2. 補強土工法

2-3 工法の特長



- 用地制限がある場所において垂直壁の構築が可能である。
- 補強効果を発揮するためにある程度の変形を要する柔構造である。
- 柔構造であるため、従来のコンクリート擁壁では杭基礎を必要とした比較的軟弱な地盤においても直接基礎を適用することが可能である。
- 耐震性に優れる。



2. 補強土工法

2-4 補強土壁の構成部材



補強土壁は補強材、壁面材、盛土材から構成される。

① 補強材

帯状鋼材やアンカープレート付棒鋼、高分子材料による格子状や面状のジオテキスタイルが多用される。

長期使用に耐えうる機能確保の観点から、鋼製補強材の腐食やジオテキスタイル補強材の物理的・化学的安定性が保証されなければならない。

補強材は、補強効果の発揮手法によって、摩擦抵抗と指圧抵抗の2種類に区分される。

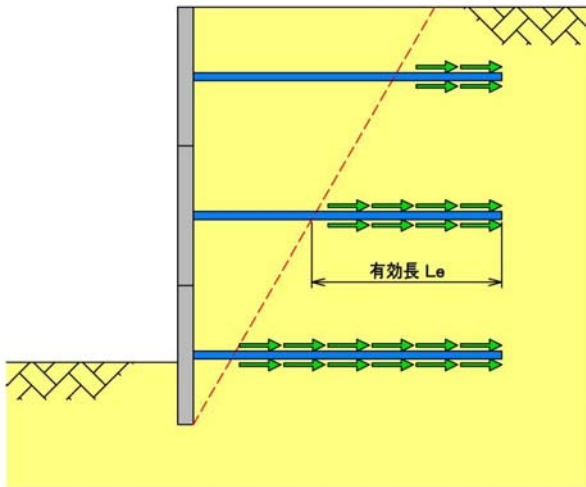
摩擦抵抗型：帯状鋼材、ジオテキスタイル

支圧抵抗型：アンカープレート付棒鋼



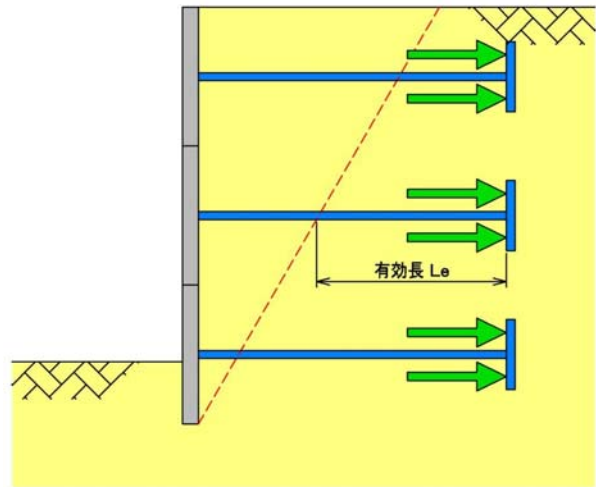
2. 補強土工法

2-4 補強土壁の構成部材



摩擦抵抗方式(線状定着)

すべり線より後方の補強材有効長さに比例して引抜き抵抗力は大きくなる。



支圧抵抗方式(先端定着)

補強材の有効長に関係なく(施工上の最低長は必要であるが)引抜き抵抗力は一定である。



2. 補強土工法

2-4 補強土壁の構成部材



② 壁面材

壁面材にはコンクリートパネル、コンクリートブロック、鋼製枠(溶接金網、エキスパンドメタル)、場所打ちコンクリート等がある。

変形をある程度許容するため、壁面材は分割構造で、柔構造であることが必要である。

鋼製枠の壁面材は、植生シート、植生マットを併用することで緑化することも可能である。(補強土壁は壁面勾配が急勾配であるため長期緑化の残存性は保証については別途検討が必要である)



2. 補強土工法

2-4 補強土壁の構成部材



③ 盛土材

補強土壁に用いる盛土材は補強材との適合性に留意することが必要である。特に摩擦抵抗型の補強材は引抜き抵抗が得られる良質材の選定が必要である。

現地発生土で十分な摩擦抵抗が得られない場合は良質購入土や盛土材の改良が必要である。

支圧抵抗型の補強材は、路体盛土として適用可能な材料はたいてい適用可能である。

支圧抵抗型であってもスレーキング岩砕材料、有機質土、高液性限界の粘性土は適さない。



2. 補強土工法

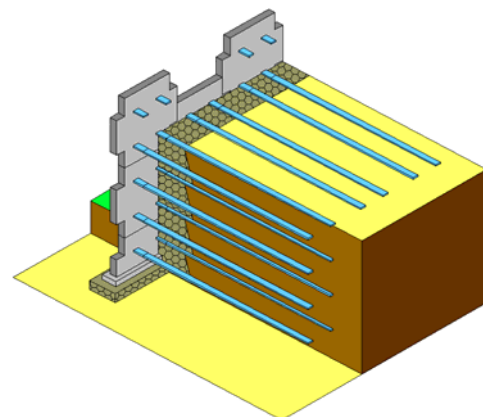
2-5 代表的な補強土壁工法



① 帯鋼補強土壁工法 (テールアルメ)

盛土内に配置された帯鋼補強材と盛土材との摩擦抵抗による引抜き抵抗で土留効果を発揮させる工法。

盛土内に敷設した帯鋼補強材による「擬似粘着力」で盛土の強度を高め安定を図る。



2. 補強土工法

2-5 代表的な補強土壁工法

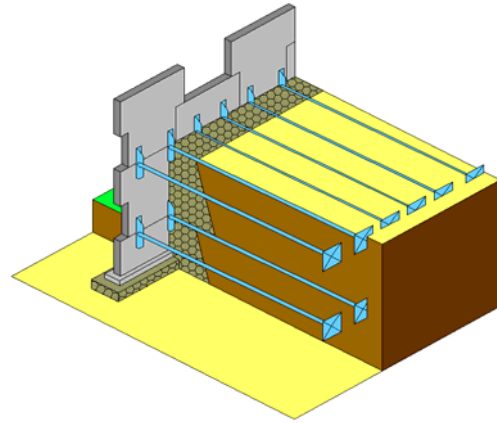


② アンカー補強土壁

(多数アンカー式)

盛土内に配置された鋼製アンカー補強材の支圧抵抗力で土留効果を発揮させる工法。

壁面材とアンカープレートに挟まれた盛土材を「拘束補強」することで盛土の強度を高め安定を図る。



2. 補強土工法

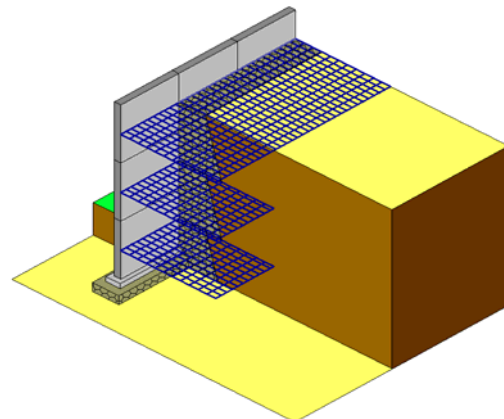
2-5 代表的な補強土壁工法



③ ジオテキスタイル補強土

盛土内に敷設した高分子素材のジオテキスタイルと盛土材との摩擦抵抗力による引抜抵抗力及びインターロッキング効果により土留効果を発揮させる工法。

ジオテキスタイルの引張力で盛土材としての強度を高め安定を図る。



2. 補強土工法

2-5 代表的な補強土壁工法



補強土壁の分類と特徴・留意点

分 類	補強材	壁面工	特 徴	留 意 点
帯鋼 補強土壁	帯状鋼材	コンクリート パネル (分割型)	帯状補強材(リブ付き、平滑)の摩擦抵抗による引抜き抵抗力で土留め効果を発揮させる。	盛土材としては摩擦力が十分にとれる砂質土系の土質材料を選定する必要がある。細粒分を多く含む土質材料については摩擦力を発揮させるための土質安定処理や粒度調整などの処理が必要である。 補強材として鋼製の補強材を用いるための腐食対策が必要である。
アンカー 補強土壁	アンカープレート 付棒鋼	コンクリート パネル (分割型)	アンカー補強材の支圧抵抗による引抜き抵抗力で土留め効果を発揮する。	盛土材としては支圧抵抗力を発揮できる砂質土系や礫質土系の土質材料を選定する必要がある。細粒分を含む土質材料においても必要な支圧力の発揮の有無を検討して用いることができる。 補強材として鋼製の補強材を用いるための腐食対策が必要である。
ジオテキスタイル 補強土壁	ジオテキスタイル	コンクリート ブロック 場所打 コンクリート 鋼製枠	ジオテキスタイルの摩擦抵抗による引抜き抵抗力で土留め効果を発揮させる。面状の補強材のため摩擦抵抗力が発揮しやすく、補強材が短めにできる。 緑化対策として、ジオテキスタイルをのり面で巻き込むタイプも使用される。	角張った粗粒材を多く含む盛土材の場合は、補強材を損傷する可能性があり対策が必要である。補強材は多くの種類がある。 補強土壁の変形抑制のために剛性の高いジオテキスタイル(ジオグリッドなど)が適する。クリープ特性や高温環境など補強材の引張り強度への影響などについて設計の配慮が必要である。

2. 補強土工法

2-6補強土壁マニュアル比較表



補強土壁工法の公的基準書

区 分	発行所名	基 準 書 名
指 針	(社)日本道路協会	『道路土工 擁壁工指針』 (2012. 7)
マニュアル	(財)土木研究センター	『補強土(テールアルメ)壁工法設計・施工マニュアル 第4回改訂版』 (2014. 8)
		『多数アンカー式補強土壁工法設計・施工マニュアル 第4版』 (2014. 8)
		『ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル 改訂版』 (2013. 12)

2. 補強土工法

2-6 補強土壁マニュアル比較表



項目		補強土(テールアルメ)壁工法 設計・施工マニュアル第4回改訂版 (財)土木研究センター	多数アンカー式補強土壁工法 設計・施工マニュアル第4版 (財)土木研究センター	ジオテキスタイルを用いた補強土の 設計・施工マニュアル 改訂版 (財)土木研究センター
内的安定	すべり面の考え方 主働領域			
		経験に基づく二直線よりなる折れ線をすべり面と想定	クーロン土圧理論より求められる直線の主働すべり面を想定	円弧すべりをすべり面と想定
内的安定で決定される補強材の長さ		安定領域内にある補強材の摩擦面積によって、引き抜けに抵抗できる摩擦抵抗力を確保できる長さ	安定領域側に1.2m以上の位置にアンカープレートを設置 注) 支圧抵抗型の補強材は設置長によって抵抗力は増加しない	安定領域内にあるジオテキスタイルの摩擦面積によって、引き抜けに抵抗できる摩擦抵抗力を確保できる長さ



2. 補強土工法

2-6 補強土壁マニュアル比較表



項目		補強土(テールアルメ)壁工法 設計・施工マニュアル第4回改訂版 (財)土木研究センター	多数アンカー式補強土壁工法 設計・施工マニュアル第4版 (財)土木研究センター	ジオテキスタイルを用いた補強土の 設計・施工マニュアル 改訂版 (財)土木研究センター
内的安定	補強材の最小長さ	<p>a) 上載盛土高が2m未満 上段付近 0.7Ha (Haの上端より0.5Ha以上) 下段付近 0.4Haかつ4m (下端より0.3Ha以下)</p> <p>b) 上載盛土高が2m以上 上段付近 0.7Ha (Haの上端より0.6Ha以上) 下段付近 0.4Haかつ4m (下端より0.3Ha以下)</p> <p>c) 両面テールアルメ B < 0.7Ha 全段 0.6Ha</p> <p>d) 背面が負の勾配をもった盛土 B < 0.7Ha 全段 0.6Ha</p> <p>e) テールアルメ橋台 全段 0.7Haかつ7m</p>	<p>特に規定なし 施工性に考慮して2.5m程度とすることが多い</p>	<p>3.0m以上または0.4H以上で全段等長を原則とする。ただし、安定した自然地山に近接して設置する場合は不等長としてよい</p>
		<p>a) 上載盛土高が2m未満のとき</p> <p>b) 上載盛土高が2m以上のとき</p> <p>c) 両面テールアルメ</p> <p>d) 背面が負の勾配をもった盛土を支えるテールアルメ</p> <p>e) テールアルメ橋台</p>		



2. 補強土工法

2-6 補強土壁マニュアル比較表



項目		補強土(テールアルメ)壁工法 設計・施工マニュアル第4回改訂版 (財)土木研究センター	多数アンカー式補強土壁工法 設計・施工マニュアル第4版 (財)土木研究センター	ジオテキスタイルを用いた補強土の 設計・施工マニュアル 改訂版 (財)土木研究センター
内的安定	補強材の引き抜け			
		補強材に作用する力に対して、ストリップ(鋼製補強材)と盛土材の摩擦抵抗力による引抜抵抗力が安全率を確保できるか照査する 安全率＝常時 2.0 / 地震時 1.2	補強材に作用する力に対して、アンカープレート(鋼製補強材)の支圧抵抗による引抜抵抗力が安全率を確保できるか照査する 安全率＝常時 3.0 / 地震時 2.0	補強材に作用する力に対して、ジオテキスタイルと盛土材との摩擦力およびインターロッキング効果による引抜抵抗力が安全率を確保できるか照査する 安全率＝常時 2.0 / 地震時 1.2



2. 補強土工法

2-6 補強土壁マニュアル比較表



項目		補強土(テールアルメ)壁工法 設計・施工マニュアル第4回改訂版 (財)土木研究センター	多数アンカー式補強土壁工法 設計・施工マニュアル第4版 (財)土木研究センター	ジオテキスタイルを用いた補強土の 設計・施工マニュアル 改訂版 (財)土木研究センター
内的安定	補強材の破断			
		補強材に作用する力に対して、鋼材の許容引張力が所定の安全率を確保できるか照査する 許容引張応力度 ＝常時1.0 / 地震時1.5	補強材に作用する力に対して、鋼材の許容引張力が所定の安全率を確保できるか照査する 許容引張応力度 ＝常時1.0 / 地震時1.5	補強材に作用する力に対して、ジオテキスタイルの設計引張強さが所要の安全率を確保できるか照査する 許容引張応力度 ＝常時1.0 / 地震時1.5



2. 補強土工法

2-6 補強土壁マニュアル比較表



項目		補強土(テールアルメ)壁工法 設計・施工マニュアル第4回改訂版 (財)土木研究センター	多数アンカー式補強土壁工法 設計・施工マニュアル第4版 (財)土木研究センター	ジオテキスタイルを用いた補強土の 設計・施工マニュアル 改訂版 (財)土木研究センター
内的安定	壁面材と補強材との接合部の破断			
		補強材に作用する力に対して、壁面材と補強材とを連結する接続部材料が、所定の耐力を有するか照査する 許容せん断応力度 ＝常時1.0/地震時1.5	補強材に作用する力に対して、壁面材と補強材とを連結する接続部材料が、所定の耐力を有するか照査する 許容せん断応力度 ＝常時1.0/地震時1.5	補強材に作用する力に対して、壁面材と補強材とを連結する接続部材料が、所定の耐力を有するか照査する (工法によっては壁面材と補強材が連結されていない工法もある)



2. 補強土工法

2-6 補強土壁マニュアル比較表

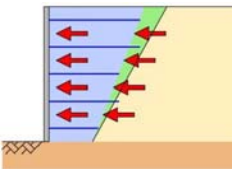
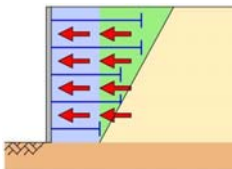
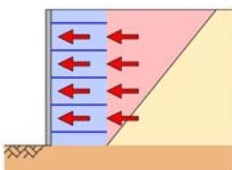
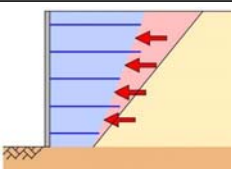
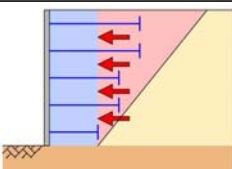


項目		補強土(テールアルメ)壁工法 設計・施工マニュアル第4回改訂版 (財)土木研究センター	多数アンカー式補強土壁工法 設計・施工マニュアル第4版 (財)土木研究センター	ジオテキスタイルを用いた補強土の 設計・施工マニュアル 改訂版 (財)土木研究センター
外的安定	擬似擁壁	上載土なし 	上載土なし 	上載土なし
	滑動(常時)	上載土あり 	上載土あり 	上載土あり
		最下段補強材と最上段補強材を結んだ線を擬似擁壁仮想背面とし、背面土圧による水平力に対して、所定の安全率を確保できるか照査する Fs≧常時1.5/地震時1.2	最下段補強材端部から鉛直に伸ばした線を擬似擁壁の仮想背面とし、背面土圧による水平力に対して、所定の安全率を確保できるか照査する Fs≧常時1.5/地震時1.2	補強材端部を擬似擁壁の仮想背面とし、背面土圧による水平力に対して、所定の安全率を確保できるか照査する Fs≧常時1.5/地震時1.2

2. 補強土工法

2-6 補強土壁マニュアル比較表

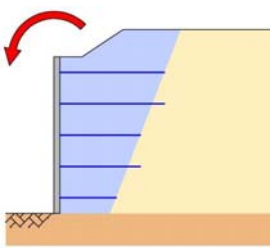
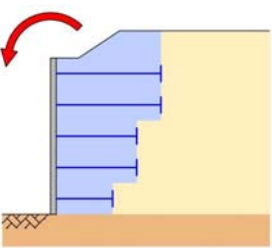
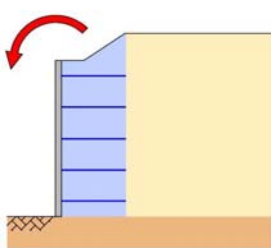


項目		補強土(テールアルメ)壁工法 設計・施工マニュアル第4回改訂版 (財)土木研究センター	多数アンカー式補強土壁工法 設計・施工マニュアル第4版 (財)土木研究センター	ジオテキスタイルを用いた補強土の 設計・施工マニュアル 改訂版 (財)土木研究センター
外的安定	擬似擁壁 滑動 (地震時)			
		擬似擁壁自重に起因する地震時慣性力と常時背面土圧を組み合わせた水平力に対して、所定の安全率を確保できるか照査する	擬似擁壁自重に起因する地震時慣性力と常時背面土圧を組み合わせた水平力に対して、所定の安全率を確保できるか照査する	
				
		地震時背面土圧による水平力に対して、所定の安全率を確保できるか照査する	地震時背面土圧による水平力に対して、所定の安全率を確保できるか照査する	擬似擁壁自重に起因する地震時慣性力と地震時背面土圧を組み合わせた水平力に対して、所定の安全率を確保できるか照査する

2. 補強土工法

2-6 補強土壁マニュアル比較表

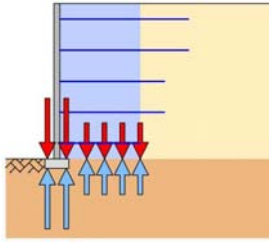
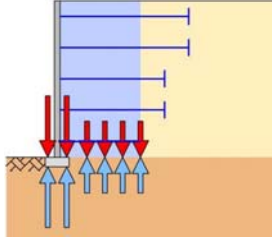
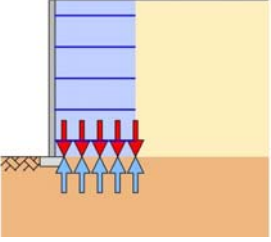


項目		補強土(テールアルメ)壁工法 設計・施工マニュアル第4回改訂版 (財)土木研究センター	多数アンカー式補強土壁工法 設計・施工マニュアル第4版 (財)土木研究センター	ジオテキスタイルを用いた補強土の 設計・施工マニュアル 改訂版 (財)土木研究センター
外的安定	擬似擁壁 転倒			
		擬似擁壁に作用する外力に対して、合力の作用位置の偏心距離が許容値以下となるか照査する $e \geq \text{常時} B/6 / \text{地震時} B/3$	補強材設置範囲を擬似擁壁領域として、合力の作用位置の偏心距離が許容値以下となるか照査する $e \geq \text{常時} B/6 / \text{地震時} B/3$	擬似擁壁に作用する外力に対して、合力の作用位置の偏心距離が許容値以下となるか照査する $e \geq \text{常時} B/6 / \text{地震時} B/3$

2. 補強土工法

2-6 補強土壁マニュアル比較表



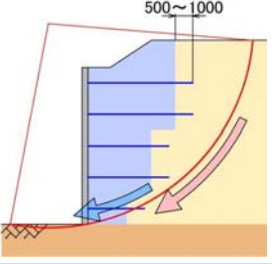
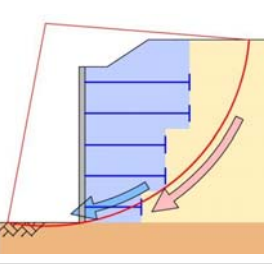
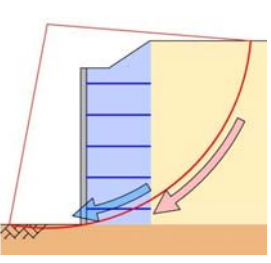
項目		補強土(テールアルメ)壁工法 設計・施工マニュアル第4回改訂版 (財)土木研究センター	多数アンカー式補強土壁工法 設計・施工マニュアル第4版 (財)土木研究センター	ジオテキスタイルを用いた補強土の 設計・施工マニュアル 改訂版 (財)土木研究センター
外的安定	擬似擁壁			
	支持力	<p>擬似擁壁の底面、壁面材直下の支持力について、所定の安全率を確保できるか照査する</p> <p>$F_s \geq \text{常時}2.0 / \text{地震時}1.5$</p>	<p>擬似擁壁の底面、壁面材直下の支持力について、所定の安全率を確保できるか照査する</p> <p>$F_s \geq \text{常時}2.0 / \text{地震時}1.5$</p>	<p>擬似擁壁の底面について、所定の安全率を確保できるか照査する 壁面直下については留意して照査することが記載されている</p> <p>$F_s \geq \text{常時}2.0 / \text{地震時}1.5$</p>



2. 補強土工法

2-6 補強土壁マニュアル比較表



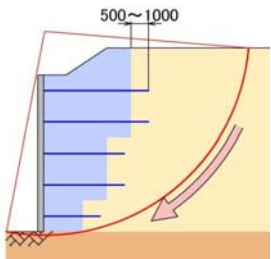
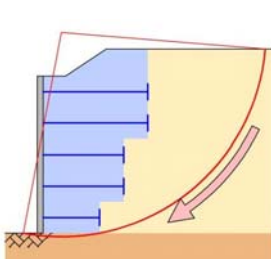
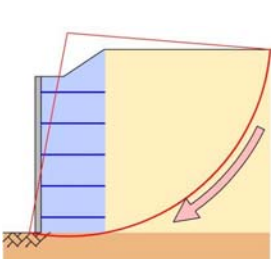
項目		補強土(テールアルメ)壁工法 設計・施工マニュアル第4回改訂版 (財)土木研究センター	多数アンカー式補強土壁工法 設計・施工マニュアル第4版 (財)土木研究センター	ジオテキスタイルを用いた補強土の 設計・施工マニュアル 改訂版 (財)土木研究センター
外的安定	盛土全体安定			
	円弧すべり(補強領域を通るすべり)	<p>補強領域の内側を通過するすべり面については、補強材端部500～1000mmを除いた補強領域に擬似粘着力Cを考慮できる</p> <p>安全率＝常時1.2／地震時1.0</p>	<p>補強領域の内側を通過するすべり面については、擬似2重壁の拘束効果を期待した補強せん断強度増分αを考慮できる</p> <p>安全率＝常時1.2／地震時1.0</p>	<p>補強領域の内側を通過するすべり面については、ジオテキスタイルの引張力および引抜抵抗力を考慮できる</p> <p>安全率＝常時1.2／地震時1.0</p>



2. 補強土工法

2-6 補強土壁マニュアル比較表



項目		補強土(テールアルメ)壁工法 設計・施工マニュアル第4回改訂版 (財)土木研究センター	多数アンカー式補強土壁工法 設計・施工マニュアル第4版 (財)土木研究センター	ジオテキスタイルを用いた補強土の 設計・施工マニュアル 改訂版 (財)土木研究センター
外的安定	盛土全体安定			
	円弧すべり(補強領域外を通るすべり)	補強領域の外側を通過するすべり面について、所定の安全率を確保できるか照査する 安全率＝常時1.2／地震時1.0	補強領域の外側を通過するすべり面について、所定の安全率を確保できるか照査する 安全率＝常時1.2／地震時1.0	補強領域の外側を通過するすべり面について、所定の安全率を確保できるか照査する 安全率＝常時1.2／地震時1.0



補強土壁工法における盛土材の適否(標準的な施工)

土質分類				テールアルメ 補強土壁工法	多数アンカー式 補強土壁工法	ジオテキスタイル 補強土壁工法	
大分類	中分類		小分類	細分類			
粗粒土	礫粒土 G	きれいな礫 [G]	粒度のよい礫	GW	○	○	○
			粒度のわるい礫	GP	○	○	○
		細粒分まじり礫 [G-F]	シルトまじり礫	G-M	○	○	○
			粘土まじり礫	G-C	○	○	○
			有機質土まじり礫	G-O			○
			火山灰質度まじり礫	G-V	○	○	○
		礫質土 [GF]	シルト質礫	GM	○※	○	○
			粘土質礫	GC	○※	○	○
			有機質礫	GO			△
			火山灰質礫	GV	○※	○	○
	砂粒土 S	きれいな砂 [S]	粒度のよい砂	SW	○	○	○
			粒度のわるい砂	SP	○	○	○
		細粒分まじり砂 [S-F]	シルトまじり砂	S-M	○	○	○
			粘土まじり砂	S-C	○	○	○
			有機質土まじり砂	S-O			○
			火山灰質土まじり砂	S-V	○	○	○
		砂質土 [SF]	シルト質砂	SM	○※	○	○
			粘土質砂	SC	○※	○	○
			有機質砂	SO			△
			火山灰質砂	SV	○※	○	○

※: 細粒分の含有率≤25% ○: 適用可能 △: 条件付き適用可能



補強土壁工法における盛土材の適否(標準的な施工)

土質分類				テールアルメ 補強土壁工法	多数アンカー式 補強土壁工法	ジオテキスタイル 補強土壁工法
大分類	中分類	小分類	細分類			
細粒土 F	シルト{M}		シルト(低液性限界) ML		○	△
			シルト(高液性限界) MH		△	△
	粘性土{C}		粘質土 CL		○	△
			粘土 CH			△
	有機質土{O}		有機質粘質土 OL			
			有機質粘土 OH			
			有機質火山灰土 OV			
	火山灰質粘性土{V}		火山灰質粘性土(Ⅰ型) VH1		△	△
			火山灰質粘性土(Ⅱ型) VH2		△	△
高有機 質土Pt	高有機質土{Pt}		ピート Pt			
			黒泥 Mk			
			硬岩ずり	○	○	△

※:細粒分の含有率≤25% ○:適用可能 △:条件付き適用可能



2. 補強土工法

2-7 補強土壁適用の留意点



① 河川など水辺の適用

河川などの水辺に接する箇所に用いる場合は十分に留意すること。

- (1) 河川の氾濫により、盛土材が洗掘される恐れや、流木などの衝突により壁面材が損傷、変形する可能性があることから、水辺での適用は十分に留意することが必要である。

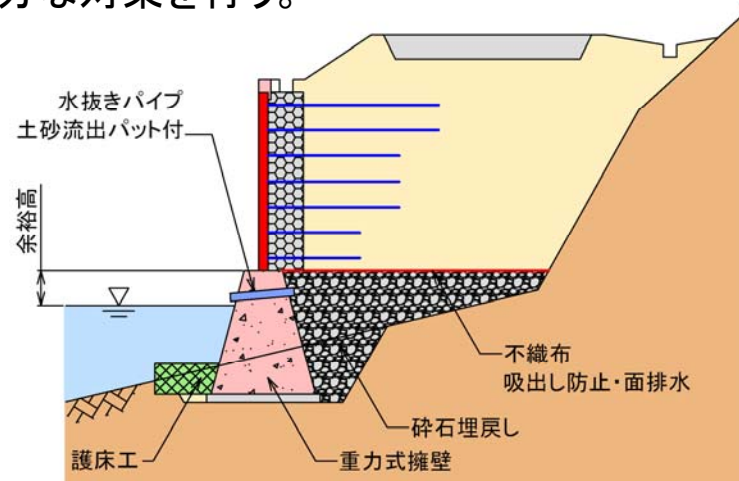


2. 補強土工法

2-7 補強土壁適用の留意点



- (2) 湖沼などで流水や水位変動が僅少な箇所に適用する場合には湖沼面の風による波飛沫(なみしぶき)を考慮した余裕高を計画するほか、盛土材の流出、凍結融解の対応にも十分な対策を行う。



2. 補強土工法

2-7 補強土壁適用の留意点



② 軟弱地盤や地すべり地盤の適用

軟弱地盤や地すべり地盤に用いる場合は十分に留意すること。

- (1) 補強土壁の荷重によって、破壊や大きな沈下を生じると考えられる軟弱地盤や地すべり地盤には適用しないことが望ましい。
- (2) 十分なプレロードや地盤改良などの対策により、沈下の可能性がなく、支持力や安定性が得られる場合は適用することができる。



2. 補強土工法

2-7 補強土壁適用の留意点



- (3) 十分な地すべり対策を実施し、長期的にも地すべりの安全率の低下がなく、補強土壁の安定性が確保される場合には適用することができる。
- (4) 液状化を生ずる地盤においては、液状化時の過剰間隙水圧を考慮した場合の安定性の確保や、液状化収束後の地盤沈下の影響に配慮した対策工を実施する。
また、補強土壁の縦断方向での液状化時の影響についても留意すること。



2. 補強土工法

2-7 補強土壁適用の留意点



③ 谷部などの適用

谷部などで集水地形を呈する箇所に用いる場合は十分に留意すること。

狭い谷地形や集水地形では、大量の湧水が予想され崩壊の危険性が高くなることや、集中降雨や融雪水が補強土壁の盛土材に浸入し、不安定化する恐れもあることから暗渠排水対策を入念に行うものとする。確実な湧水・排水対策ができない箇所には適用しないことが望ましい。



2. 補強土工法

2-7 補強土壁適用の留意点



④ 変形が制約される箇所の適用

用地幅に制約のある箇所に用いる場合は十分に留意すること。

補強土壁はその構造特性から施工後にもある程度の変形を生じながら安定していく構造であることから、変形の制約がある箇所や、土地利用上で管理幅の確保できない箇所には適用しないこと。



2. 補強土工法

2-7 補強土壁適用の留意点



⑤ 排水工の設計

補強土壁内に水が浸透すると、補強効果が著しく低下することから、排水処理は的確に行うことを原則とする。また、壁面は冷気の影響を直接受けるため、壁面背面には凍上対策として排水層を設置する。

- (1) 壁面材は、一般的に部材が薄く凍結の影響を受けやすいため、凍上対策として連続背面排水工を設置する。



2. 補強土工法

2-7 補強土壁適用の留意点



- (2) 横断方向からの排水工は、融雪時期の浸透水などを考慮して5～10m間隔で設置することが望ましい。斜面からの湧水の状況によっては設置間隔を縮小したり、排水溝の断面を大きくしたりするなどして十分な排水対策を実施することが望ましい。
- (3) 排水工の材料は、のり面形状にフレキシブルに対応できるものとし、凍結や凍上の影響を受けない砕石や合成樹脂管製品を採用すると良い。

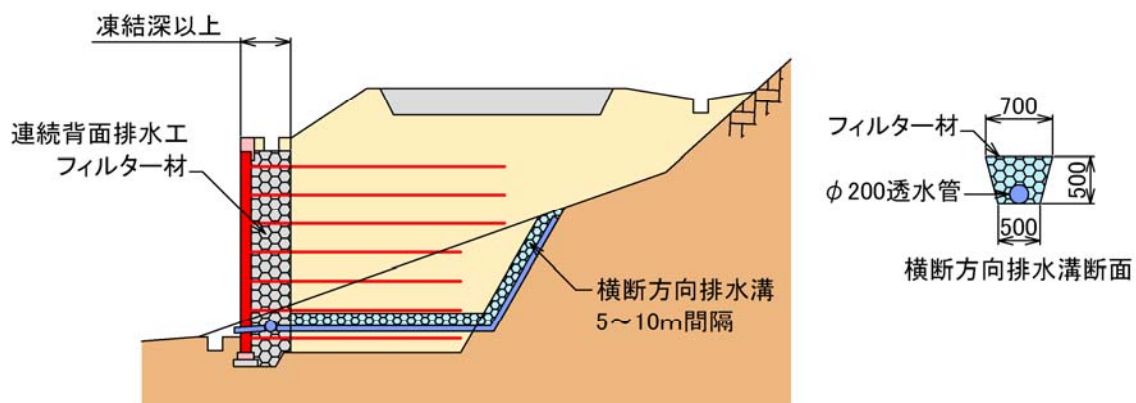


2. 補強土工法

2-7 補強土壁適用の留意点



- (4) 補強土の標準的な排水工の例を下図に示す。



2. 補強土工法

2-7 補強土壁適用の留意点



⑥ その他適用にあたっての留意点

将来補強土壁の内部を掘削する計画のある箇所、壁面材に車両衝突が予想される箇所、および腐食環境下や地中迷走電流が発生しやすい箇所には補強土壁の適用を避けることが望ましい。

- (1) 地下埋設物や防雪柵などを設置する計画がある場合は、それらの影響を考慮して設計すること。



2. 補強土工法

2-7 補強土壁適用の留意点



- (2) 車両の衝突などで壁面材が損傷、変形すると、補強材との相互バランスが崩れたり、復旧の際の補強材の応力復元や、排水工への影響など多くの検討事項や多額の費用を要する可能性が高いことから、計画にあたっては壁面材への車両衝突防止対策を十分行うか、損傷の可能性のある箇所への適用は避けるものとする。
- (3) 腐食環境下や変電所の付近などの地中迷走電流が発生しやすい箇所などでは、使用材料の選定や対策に困難を要することから適用には十分留意すること。



2. 補強土工法

2-8 補強土壁施工の留意点



① 盛土材料と締固め管理

補強土壁は、盛土材料とその中に設置する補強材、壁面材の相互作用によって安定が図られるため、盛土材料は圧縮性の少ない材料を選定するものとする。

また、締固めは各工法に定められた施工にて試験施工を実施し、確実にを行うものとする。

- (1) 盛土材料は補強土壁の主材料であるため、その選定は各補強土工法との適合性を十分に理解して実施すること。



2. 補強土工法

2-8 補強土壁施工の留意点



- (2) 補強材および壁面材は、盛土材料の施工と同時に敷設・設置するため、下記の場合には壁面材のはらみだしや前傾、補強材の変形の原因となる。

- ・ 壁高または上載盛土が高い場合
- ・ 圧縮性の高い材料や脆弱な材料を用いた場合
- ・ 締固め不足の場合

このようなことから、盛土材料には圧縮性の少ない材料を用いて十分な締固めを行うこと。



2. 補強土工法

2-8 補強土壁施工の留意点



- (3) 粘性土は、せん断強さなどの土質定数や摩擦抵抗などの設計上必要な強度を満足していても、構築後の残留沈下や変形量が砂質土よりも大きいことから各補強土壁工法との適性を理解して、使用の可否を判断すること。
また、現場状況に応じてやむを得ず使用しなければならない場合は曝気乾燥や固化処理等を施して使用すること。
- (4) 盛土材の強度は含水比に影響されることから、雨天時は施工を中止し、盛土材へのシート養生等の配慮が必要である。



2. 補強土工法

2-8 補強土壁施工の留意点



② 冬季施工

冬季盛土における凍結土の混入は、盛土の品質低下や凍結土の融解が盛土全体の沈下に大きく関与することから冬季施工は行わないこと。

盛土内の凍結土は目視では判断しづらく、また、現場施工において凍結土を完全に除去することは困難であり、含水比管理もほぼ不可能である。



2. 補強土工法

2-8 補強土壁施工の留意点



③ 同年舗装

降雨などの浸透水により、盛土材料の強度低下を防ぐためにも補強土壁構築後は速やかに舗装施工することが望ましい。

また、やむを得ず舗装が遅れる場合や施工中の管理において、浸透水の影響が懸念される場合にはシート養生や、仮排水を設置するなどの措置を講ずること。



3. 擁壁設計・施工のチェックポイント



項 目		細 目	摘 要
擁 壁 計 画	擁壁形状の妥当性	用地境界決定根拠は整理されているか？	
		壁面形状の種類は適切か？	垂直壁 or 傾斜壁
		壁面材の種類は適切か？	道路緑化、塩害環境への配慮
		根入れ深さは適切か？	安定計算に影響
	基礎形式の妥当性	基礎形式の選定は適切か？	直接基礎、改良地盤基礎、杭基礎
		直接基礎とできない理由は明確か？	
		改良地盤基礎の種類、形状は適切か？	表層、中層、深層安定処理
		許容支持力の算出は適切か？	支持力公式による検証
		不等沈下の問題は発生しないか？	設置箇所、橋梁接続の有無
		液化化対策に問題はないか？	変状許容の是非
		安定処理の実施に問題はないか？	室内配合試験の実施
		周辺環境への影響はないか？	地下水位への影響
擁 壁 計 算	設計計算書の妥当性	裏込土の土質定数は適切か？	
		地下水位の設定は適切か？	
		設計計算モデルは適切か？	擁壁高、背面形状、上載荷重
		計算結果が設計図と合致するか？	
施 工	施工モデルの妥当性	裏込土は設計土質定数と合致するか？	現地発生土の適用の是非
		裏込土形状は適切か？	
		現位置試験による確認は実施したか？	平板載荷試験の実施

3. 擁壁設計・施工のチェックポイント

3-1 土留形状決定のポイント



土留壁の構造形式は、周辺環境、経済性、施工性、景観等から総合的に判断し最適形式を選定することが重要である。ここでは、補強土の形状を決定する基本的なポイントを以下に示す。

(1) 用地境界決定根拠の整理(土留壁必要性の整理)

一般に土留壁は盛土法面が、何らかの理由により用地境界を超過する場合に設置される。したがって、用地境界設定根拠が明確となっていることが重要である。一般的に道路平面・縦断計画段階で整理されるべき事項であるが、大幅な建設コスト削減が可能な場合は用地境界の再検討も視野にいたった検討が必要である。

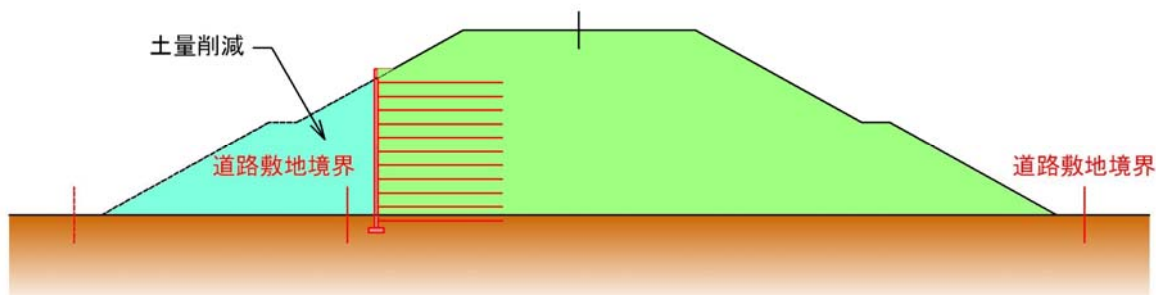


3. 擁壁設計・施工のチェックポイント

3-1 土留形状決定のポイント



事例) 路線全体で不足土である場合は擁壁工にて土量削減することでコスト縮減が図れる。
→ 擁壁工によって用地境界が決定されるケース



3. 擁壁設計・施工のチェックポイント

3-1 土留形状決定のポイント



(2) 壁面形状の整理(垂直壁 or 傾斜壁)

壁面形状は垂直壁と傾斜壁に大別できる。

- ① 垂直壁: 垂直補強土壁
(工法名: テールアルメ、多数アンカー、アダムウォール等)
- ② 傾斜壁: 傾斜補強土壁、補強盛土等

この選定は路肩端と用地境界から決定される。補強土壁、補強盛土の何れかを採用するかについては、施工性、経済性、維持管理の観点から比較検討することが重要である。

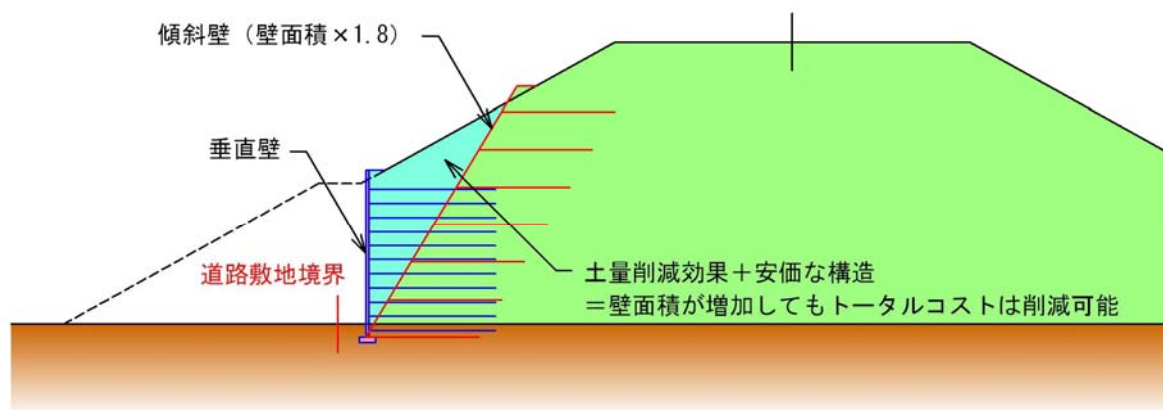


3. 擁壁設計・施工のチェックポイント

3-1 土留形状決定のポイント



事例) 傾斜壁はコスト面で有利であるため、壁面積が増加してもトータルコストで有利となる可能性がある。

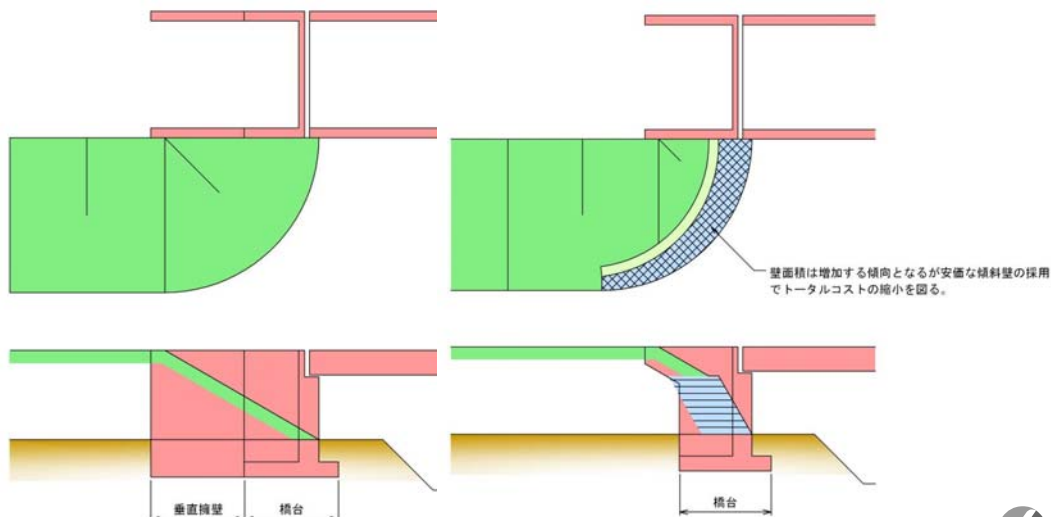


3. 擁壁設計・施工のチェックポイント

3-1 土留形状決定のポイント



事例) 橋梁取付部は、道路縦断方向に垂直補強土壁を配置して巻き込み勾配を確保する形式と法尻に傾斜補強土壁を配置して法面を確保する形式が考えられる。後者の場合は傾斜壁を採用することで壁面積は増加する可能性があるが傾斜壁は安価であるためトータルコストを抑えるとともに、道路緑化が図れるといった優位性がある。



3. 擁壁設計・施工のチェックポイント

3-1 土留形状決定のポイント



(3) 壁面材の整理(垂直壁 or 傾斜壁)

壁面材の代表的なものは以下に示すとおりである。

- ① コンクリート製(場所打ち): RRR工法
- ② プレキャストコンクリート(製品): 垂直補強土壁
- ③ 鋼製パネル(+緑化): 傾斜補強土壁、補強盛土

壁面材は、設置箇所の自然環境、周辺環境を考慮し、施工性、経済性や維持管理で有利となる材料を選定することが重要である



3. 擁壁設計・施工のチェックポイント

3-1 土留形状決定のポイント



事例) 塩害環境(海岸に隣接)を考慮した壁面材の採用。

鉄筋コンクリート→ 海洋コンクリート、かぶり増加による対策で対応
コンクリートスキン(補強土壁)→ エポキシ樹脂粉体塗装鉄筋の採用
無筋コンクリートの採用→コンクリートブロックを用いたジオテキスタイル補強土壁
ポリエチレン被覆鋼製パネルの採用→ジオテキスタイル補強土壁

事例) 道路盛土緑化の観点から壁面緑化が可能な傾斜補強土壁を採用。



3. 擁壁設計・施工のチェックポイント

3-1 土留形状決定のポイント



(4) 根入れ深さの整理

根入れ深さを決定する要素としては以下の項目が考えられる。

- ① 凍結融解の影響を受けない深さを確保
→ 舗装置換厚程度(理論最大凍結深×70%)を採用する
- ② 支持地盤の深さと基礎下面の関係
- ③ 地下埋設物、床堀影響(用地条件)の評価
- ④ 地下水位(潮位)による施工性の評価



3. 擁壁設計・施工のチェックポイント

3-2 基礎形式決定のポイント



(1) 基礎形式の選定

補強土は柔構造であるため比較的弱い地盤であっても直接基礎の採用が可能である。ただし、過度の変形は構造に支障をきたす可能性があることから適切な基礎形式を採用することが望ましい。

補強土の基礎工は、その構造特性から以下の3種類が考えられる。

- ① 直接基礎(極限支持力に対する常時の安全率は $F_s=2.0$)
- ② 置換基礎
- ② 地盤改良(不等沈下抑止から置換率は100%が望ましい)



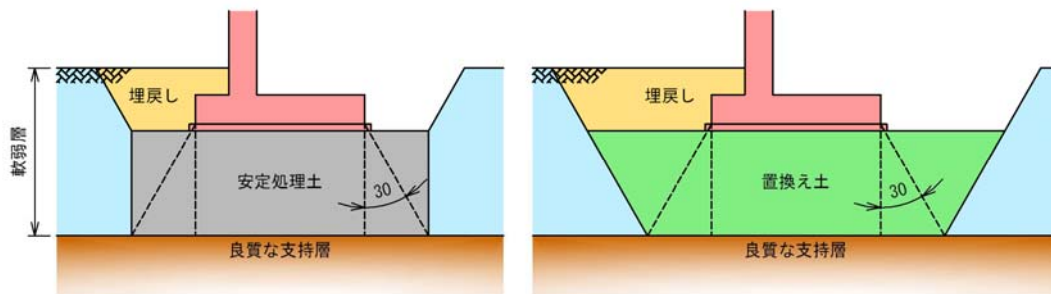
3. 擁壁設計・施工のチェックポイント

3-2 基礎形式決定のポイント



改良地盤の一般的な形状

浅層改良(改良深度3m程度以下: 固結度の低いバックホウ攪拌含む)



改良地盤採用にあたっての留意点

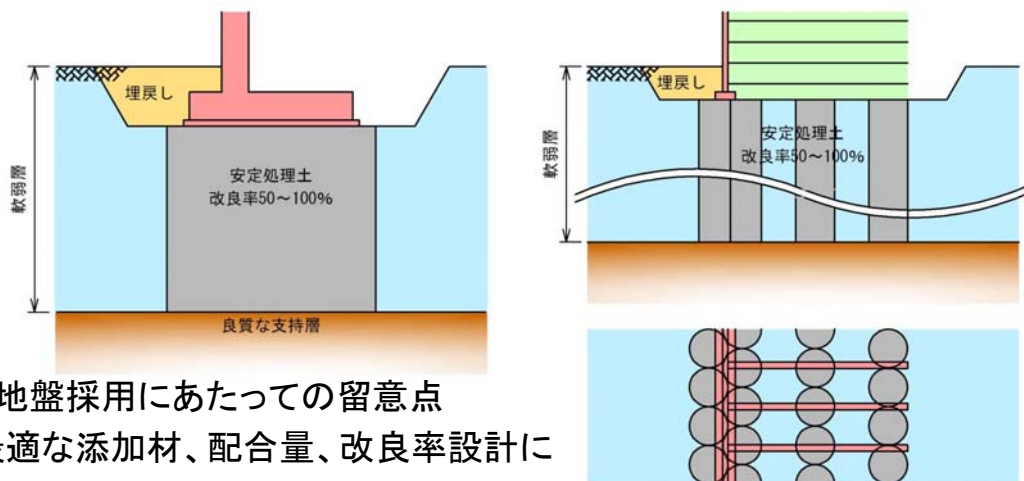
- ・置換対象土の処理費、置換材の入手、施工方法の検討
- ・改良地盤の強度確認
- ・改良地盤と底版下面のすべり摩擦係数の確認
- ・底版下面と改良地盤下面での地盤支持力の確認



3. 擁壁設計・施工のチェックポイント

3-2 基礎形式決定のポイント

中層・深層改良(改良深度3m程度以上)



改良地盤採用にあたっての留意点

- 最適な添加材、配合量、改良率設計には事前の室内配合試験が必要不可欠
- 補強土壁に改良地盤を適用する場合は応力集中箇所となる壁面材下面は極力100%に近い改良とすることが望ましい。また補強材の不等沈下を防止するため補強材範囲は改良地盤を構築する。



3. 擁壁設計・施工のチェックポイント

3-2 基礎形式決定のポイント

(2) 許容支持力の算出方法

許容支持力は原則として現位置試験(平板載荷試験)により算出することが望ましいが、設計段階では実施が困難であることも少なくない。『道路土工—擁壁工指針』(P.69)に代表されるような地盤種別、N値から許容支持力を推定する方法がもっとも容易である。

解表4-8 基礎地盤の種類と許容鉛直支持力度(常時値)

基礎地盤の種類		許容鉛直支持力度 q_a (kN/m ²)	目安とする値	
			一軸圧縮強度 q_u (kN/m ²)	N値
岩盤	亀裂の少ない均一な硬岩	1000	10,000以上	—
	亀裂の多い硬岩	600	10,000以上	—
	軟岩・土丹	300	1,000以上	—
礫層	密なもの	600	—	—
	密でないもの	300	—	—
砂質 地盤	密なもの	300	—	30~50
	中位なもの	200	—	20~30
粘性土 地盤	非常に硬いもの	200	200~400	15~30
	硬いもの	100	100~200	10~15

しかし、地盤の破壊はせん断破壊と沈下(圧密)の両面から検証されるべきである。前述の方法で算出された数値は両者を包含した、安全側の数値であることから、擁壁規模、設置箇所、利用形態によっては必ずしもその適用が妥当であることを保障するものとならない可能性があるため安易に採用してはならない。

本来許容支持力は底版形状、根入深さ、荷重規模により同じ地盤であってもその数値が変化するため、『道路橋示方書IV下部構造編』による支持力照査を実施することも重要である。



3. 擁壁設計・施工のチェックポイント

3-2 基礎形式決定のポイント



(3) 液状化地盤対策

地質調査報告書等では液状化の判定にあたり、橋梁に準拠した大きな水平震度にて計算していることがあるので、擁壁工に準拠した水平震度にて再検証することが必要である。また、地盤の液状化は土質に起因するが、上戴荷重(補強土重量)を考慮した場合液状化に至らない可能性もあるため上戴荷重を考慮した液状化判定が必要である。

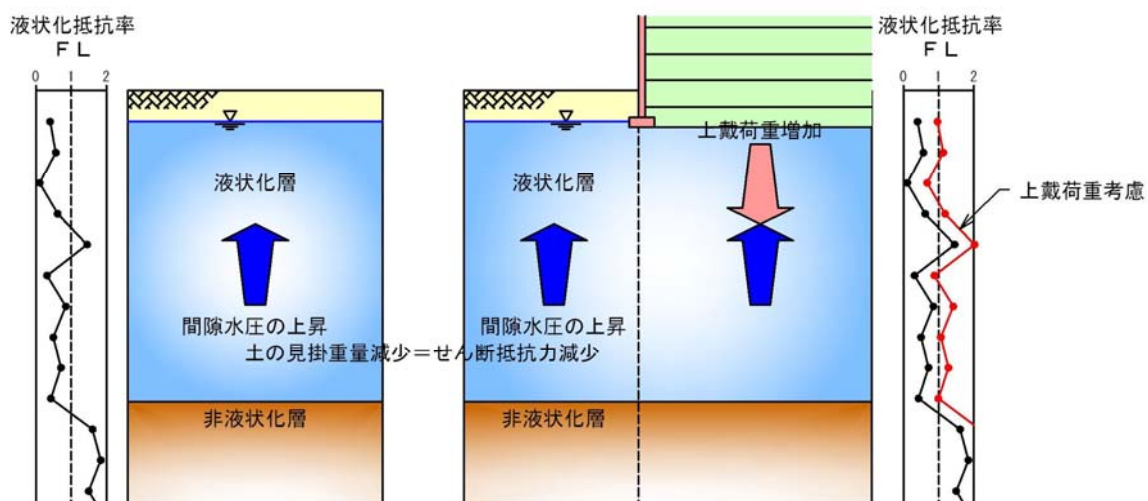


3. 擁壁設計・施工のチェックポイント

3-2 基礎形式決定のポイント



事例) 補強土重量を考慮した結果、液状化抵抗率が上昇し液状化判定は液状化発生の可能性が低いことが判明した。



液状化収束後の沈下による影響を考慮し、適切な基礎形式を採用すること



3. 擁壁設計・施工のチェックポイント

3-3 計算の妥当性確認ポイント



計算書のチェックポイントは入力値の妥当性を検証することである。これは、設計計算は電算化され計算過程でミスが発生する確率は極めて低いためである。

よって、計算書にてどれが入力値であるかを判断できれば計算書のチェックは容易に行うことができる。主要な入力値としては以下の項目になる。

- (1) 裏込土の土質定数
- (2) 設計モデル(擁壁高・背面形状・荷重条件・地層条件)



3. 擁壁設計・施工のチェックポイント

3-3 計算の妥当性確認ポイント



(1) 裏込土の土質定数設定

本来擁壁は抗土圧構造物であるため、土圧強度に影響する裏込土定数の設定は極めて重要である。しかし、設計段階では裏込土の特定できない場合あり一般的な土質定数として

良質な砂質土：単位体積重量 $\gamma = 19\text{kN/m}^3$

内部摩擦角 $\phi = 30^\circ$

粘着力 $C = 0\text{kN/m}^2$

を用いて設計している場合がほとんどである。しかし、施工段階にて設計条件を満足できない場合は許容値を超過すること考えられるため十分条件を吟味して設定することが望ましい。

特に補強土工法の場合は、裏込土が補強材の重要な材料と位置づけられることから、土質設定によっては工法変更が想定されることが予想されるため注意が必要である。



3. 擁壁設計・施工のチェックポイント

3-3 計算の妥当性確認ポイント



(2) 設計モデルの妥当性

設計モデルは擁壁設計区間において最も荷重的に不利となる形状を選定しているかを検証する必要がある。それを判断するチェック項目として以下のとおりである。

① 擁壁高

→ 設計区間において最大高となる擁壁高を採用しているか？背面形状によっては擁壁高が低くても荷重条件が厳しくなる場合がある。

② 背面形状

→ 設計対象となる擁壁断面での背面形状が、設計モデルと合致しているか？横断面あるいは標高差から推定する。

③ 荷重条件

→ 上戴荷重条件（活荷重、積雪荷重等）、天端荷重（衝突荷重、風荷重等）が適切に反映されているか？



3. 擁壁設計・施工のチェックポイント

3-3 計算の妥当性確認ポイント



④ 地層条件

→ 擁壁と地層序列、層厚の設定に問題がないか？地下水位の設定が妥当か？（湧水期のボーリング調査ではないのか？）地質報告書からその妥当性を検証する。



3. 擁壁設計・施工のチェックポイント

3-4 構造計算書のチェック



次項に、逆T擁壁、補強土壁(テールアルメ)工法の設計計算例を示す。



1章 設計条件

1.1 適用基準

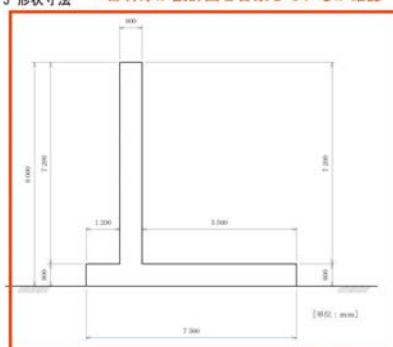
(社)全日本建設技術協会、土木構造物標準設計 第2巻 解説書(擁壁類) 平成12年9月

1.2 形式

『逆T型-A(直接基礎)』

1.3 形状寸法

⇒部材厚が設計図と合致しているか確認



奥行方向幅(ブロック長) $B = 5000 \text{ (mm)}$

⇒擁壁は単位m当り計算のためブロック延長は問題とならないが、衝突荷重が作用する場合は影響するため、設計図と合致しているか確認(延長が短いほど条件が厳しくなる)

1.4 地盤条件

地震規模: 中規模

地域区分: A

地盤種別: 1種

⇒水平震度が条件と合致しているか確認

1.5 使用材料

【コンクリート】 縦壁(鉄筋コンクリート): $\sigma_{ck} = 24 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
底版(鉄筋コンクリート): $\sigma_{ck} = 24 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

【鉄筋】 種類: S0345

⇒材料条件が合致しているか確認

【土質】	裏込め土:	粘性土
	埋戻し土:	砂および砂れき
	支持地盤:	岩盤(亀裂が少ない硬岩)

【内部摩擦角】 背面土砂: 25.00 (度)

【単位体積重量】

(kN/m^3)

躯体	鉄筋コンクリート	24.500
水	浮力算出用	10.000
土砂	湿潤重量	飽和重量
背面	18.000	19.000
前面	18.000	19.000

【設計水平震度】 躯体: $K_h = 0.15$

土砂(前面): $K_h = 0.15$

(背面): $K_h = 0.15$

1.6 土砂

(1) 背面土砂形状



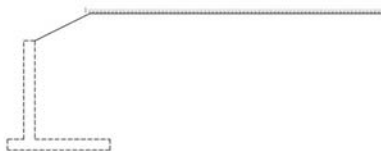
⇒背面形状が設計モデルと合致するか確認

擁壁天端と地表面始点のレベル差	(m)	0.000
勾配		2.000
擁土高	(m)	2.000
土圧を考慮しない高さ H_r	(m)	0.000



1.7 載荷荷重

[1] 常時1



番号	載荷位置 (m)	載荷幅 (m)	荷重強度 (kN/m ²)	有効な検討
1	4.000	∞	10.000	0.000
			安定	変位
			○	○

[2] 常時2



番号	載荷位置 (m)	載荷幅 (m)	荷重強度 (kN/m ²)	有効な検討
1	5.500	∞	10.000	0.000
			安定	変位
			○	○

⇒ 上載荷重強度と載荷位置（仮想背面の考慮）が適正か確認

1.8 任意荷重

考慮しない

1.9 土圧

・土圧式：試行くさび

・土圧の作用面の壁面摩擦角(度)

荷重状態	主働土圧	受働土圧
常時土圧	0.000	16.667
	安定計算時	変位設計時
	切土	

・安定計算時の土圧の仮想背面は、かかと端（かかとから鉛直に伸ばした線）

・安定計算時の土圧作用面が鉛直面となす角度 0.000 (度)

・壁設計時の土圧作用面が鉛直面となす角度 0.000 (度)

・粘着力 (kN/m²)

荷重状態	すべり面用	粘着高さ用	受働土圧用
常時	0.000	0.000	—
地震時	0.000	0.000	—

1.10 荷重組み合わせ

No	荷重名称	コメント
1	常時1	常時1
2	常時2	常時2
3	地震時	地震時

No	荷重名称	地震時の扱い			
		地震規模	慣性力方向	土砂慣性力	
3	地震時	中規模	一方向	—	考慮

	荷重名称	1	2	3
土砂	土砂1			
水位	水位1			
載荷荷重	載荷1	○		
	載荷2		○	
主働土圧	考慮しない			
	常時土圧	○	○	○
	地震時土圧			

照査項目	1	2	3
許容応力度法	安定・断面	安定・断面	安定・断面
照査性能	—	—	—
照査状態設計法	剛体安定	—	—
断面破壊	—	—	—

1.11 基礎の条件

1.11.1 許容せん断抵抗算出用データ

照査に用いる底版幅	全幅
基礎底面と地盤との間の付着力 C_B (kN/m ²)	0.000
基礎底面と地盤との間の摩擦係数 $\tan \phi_v$	0.600

⇒ 床付面の状況に応じて設定



1.12 安定計算の許容値及び部材の許容応力度

1.12.1 安定計算の許容値

荷重状態	許容偏心率 e_0/B (m)	滑動安全率	許容支持力 (kN/m ²)
常時1	1/6	1.500	1000.000
常時2	1/6	1.500	1000.000
地震時	1/3	1.200	1500.000

⇒ 許容支持力が妥当であるか確認

ここに、

B : 基礎幅 (m)
 e_0 : 荷重の偏心率 (m)、ただし、 $e_0 = M_0/V$
 M_0 : 基礎底面に作用するモーメント (kN・m)
 V : 基礎底面に作用する鉛直荷重 (kN)

1.12.2 部材の許容応力度

(1) 鉄筋コンクリート部材

1) 壁壁（水中部材）

荷重状態	割増係数	コンクリートの圧縮応力度 σ_{cc}	鉄筋の引張応力度 σ_{st}	せん断応力度 τ_v	鉄筋の圧縮応力度 σ_{sc}
常時1	1.00	8.000	160.000	0.390	1.700
常時2	1.00	8.000	160.000	0.390	1.700
地震時	1.50	12.000	300.000	0.585	2.550

2) 底版（水中部材）

荷重状態	割増係数	コンクリートの圧縮応力度 σ_{cc}	鉄筋の引張応力度 σ_{st}	せん断応力度 τ_v	鉄筋の圧縮応力度 σ_{sc}
常時1	1.00	8.000	160.000	0.390	1.700
常時2	1.00	8.000	160.000	0.390	1.700
地震時	1.50	12.000	300.000	0.585	2.550

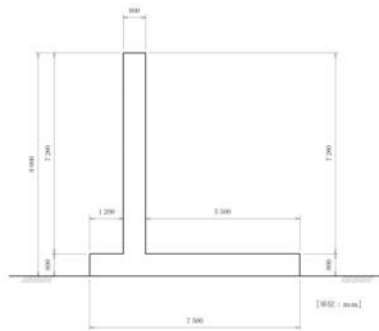
⇒ 通常は180N/mm²
 水中部材であれば160N/mm²

ここに、

τ_v : コンクリートのみでせん断力を負担する場合のせん断応力度
 τ_{st} : 斜引張鉄筋と協同して負担する場合のせん断応力度



1章 躯体形状



奥行方向幅（ブロック長）B = 5000 (mm)

2章 安定計算

(1) 転倒に対する照査

荷重状態（水 位）	フーチング中心の作用力		偏心量 e_0 (m)		判定
	M (kN・m)	N (kN)	計算値	許容値	
常時1	670.126	1141.920	0.587 ≦	1.250	○
常時2	715.126	1126.920	0.635 ≦	1.250	○
地震時	1318.783	1126.920	1.170 ≦	2.500	○

(2) 滑動に対する照査

荷重状態（水 位）	フーチング中心の作用力		滑動安全率		判定
	N (kN)	H (kN)	計算値	安全率	
常時1	1141.920	405.796	1.688 ≧	1.500	○
常時2	1126.920	405.796	1.666 ≧	1.500	○
地震時	1126.920	534.255	1.266 ≧	1.200	○

⇒所定の安全率を確保していることを確認すること

(3) 支持に対する照査

荷重状態（水 位）	フーチング中心の作用力		反力作用幅 (m)	地盤反力度 (kN/m ²)		判定
	M (kN・m)	N (kN)		計算値	許容値	
常時1	670.126	1141.920	7.500	223.736 ≦	1000.000	○
常時2	715.126	1126.920	7.500	226.536 ≦	1000.000	○
地震時	1318.783	1126.920	7.500	290.926 ≦	1500.000	○

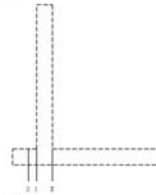
3章 配筋情報

部 材	位 置	1 段 目				2 段 目			
		かぶり (cm)	径	本数	鉄筋量 (cm ²)	かぶり (cm)	径	本数	鉄筋量 (cm ²)
壁壁基部	前面								
	背面	10.0	Ø32	8.000	63.536				
つま先版1	上面								
	下面	11.0	Ø22	4.000	15.484				
かかと版	上面	11.0	Ø32	8.000	63.536				
	下面								

⇒配筋条件が設計図と合致していることを確認

4章 断面計算（許容応力度法）

(1) 断面照査位置



1) つま先版照査位置

番 号	1	2
照査位置	0.000	0.400

2) かかと版照査位置

番 号	1	2
照査位置	0.000	0.000

(2) 曲げ応力度

部 材	荷重状態（水 位）	M (kN・m)	圧縮応力度 (N/mm ²)		引張応力度 (N/mm ²)		判定
			計算値	許容値	計算値	許容値	
壁壁基部	常時1	594.161	6.950 ≦	8.000	154.323 ≦	160.000	○
	常時2	580.042	6.785 ≦	8.000	150.656 ≦	160.000	○
	地震時	633.209	7.407 ≦	12.000	164.465 ≦	300.000	○
つま先版1	常時1	141.488	2.822 ≦	8.000	143.317 ≦	160.000	○
	常時2	143.136	2.855 ≦	8.000	144.985 ≦	160.000	○
	地震時	184.551	3.681 ≦	12.000	186.936 ≦	300.000	○
かかと版1	常時1	594.161	7.121 ≦	8.000	156.693 ≦	160.000	○
	常時2	580.042	6.951 ≦	8.000	152.969 ≦	160.000	○
	地震時	633.209	7.589 ≦	12.000	166.990 ≦	300.000	○

⇒部材応力が許容応力度以下であることを確認

(3) セン断応力度

部 材	設計位置 (m)	荷重状態（水 位）	せん断力 (kN)	せん断応力度 (N/mm ²)		判定
				計算値	許容値 τ_{s1} τ_{s2}	
壁壁基部	0.000	常時1	247.567	0.354 ≦	0.390 1.700	○
	0.000	常時2	241.684	0.345 ≦	0.390 1.700	○
	0.000	地震時	253.253	0.362 ≦	0.585 2.550	○
つま先版2	0.400	常時1	157.209	0.228 ≦	0.390 1.700	○
	0.400	常時2	159.040	0.230 ≦	0.390 1.700	○
	0.400	地震時	205.057	0.297 ≦	0.585 2.550	○
かかと版2	0.000	常時1	229.029	0.332 ≦	0.390 1.700	○
	0.000	常時2	232.069	0.336 ≦	0.390 1.700	○
	0.000	地震時	326.508	0.473 ≦	0.585 2.550	○

3. 擁壁設計・施工のチェックポイント

3-5 施工条件の検証ポイント



設計が適正であっても施工条件が設計条件と異なっていれば、不安定構造となる可能性があることから設計条件を十分確認し適切な施工を実施する必要がある。施工条件で最低確認すべき事項を以下に示す。

(1) 裏込土の土質定数設定

裏込土材料の締固試験を実施し、所要の単位体積重量があることを確認すること。また、3軸圧縮試験にて内部摩擦角を求めることが望ましいが、盛土材料によっては困難な場合もある。この場合は土質が設計条件と合致していることを確認すること。



3. 擁壁設計・施工のチェックポイント

3-5 施工条件の検証ポイント



(2) 許容支持力の確認

床付面にて平板載荷試験により地盤の許容支持力を確認することを原則とする。ただし、許容支持力を静的力学公式にて算出した場合は現位置にて所要の支持力が得られないとしても問題はないが妥当性を検証するために平板載荷試験は原則として実施すること。

現位置平板載荷試験で確認すべき反力は最大反力×安全率となる。

安全率は構造形式によって異なるため留意が必要。

例) 逆T式擁壁 最大反力 $200\text{kN/m}^2 \times 3 = 600\text{kN/m}^2$ を平板載荷で確認。
補強土壁 最大反力 $200\text{kN/m}^2 \times 2 = 400\text{kN/m}^2$ を平板載荷で確認。



3. 擁壁設計・施工のチェックポイント

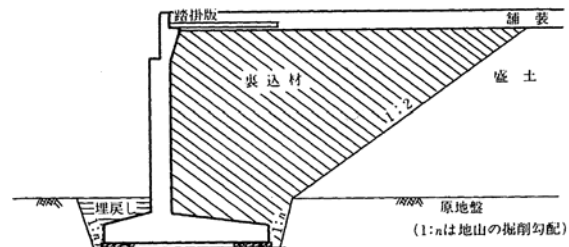
3-5 施工条件の検証ポイント



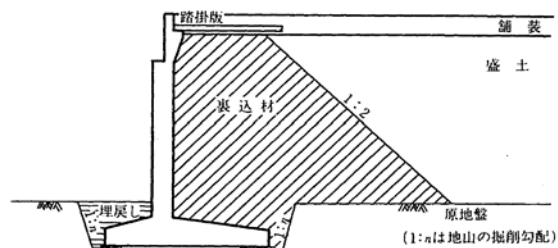
(3) 裏込土形状

施工段階で良質材料が得られず、裏込材を路体盛土材料と区別して施工する場合は右図の範囲を裏込土材範囲として施工すると良い。

① 盛土部先行例



② 構造物先行例



3. 擁壁設計・施工のチェックポイント

3-5 施工条件の検証ポイント



(4) 施工時の現地条件の確認

擁壁構築時は、法尻排水や背面盛土が構築されていない等、竣工時とは地形状況が大きく異なることが少なくない。よって、現地状況に応じた仮設対策が重要である。

例) 擁壁を構築することで集水地形となり裏込土が強度低下を起こす。

対策→背面に仮設水路を設置。

床掘り埋め戻し範囲を粒状材料を採用する。





END

Thank you for your attention !