

2. 補強土壁

2.1. 工法概要

本節では、補強土壁について、本章で検討する内容に関連する部分の基本的事項を中心に、補強土壁の定義、代表的な補強土壁の種類、設計における照査の概要、構造・材料特性及び施工方法を概説する。なお、紙面の都合上、概要に限って記載せざるをえないことから、詳細については道路土工―擁壁工指針^{2.1-1)}及び主な補強土壁工法のマニュアル^{2.1-2)~2.1-4)}の内容を参照されたい。

2.1.1. 概要

補強土壁は、盛土内に敷設された鋼材、ジオテキスタイル等の補強材と盛土材との摩擦抵抗又は支圧抵抗によって盛土の安定を補い、標準のり面勾配より急な盛土及び擁壁構造を造る構造物である。道路の分野では、のり面勾配（壁面勾配）が $1:0.6$ より急なものが補強土壁と定義されている。一般に、補強材、壁面材、壁面材と補強材の接合部、盛土材及び壁面材の基礎が主な構成要素とされている。図-2.1.1.1に補強土壁の各部の名称を示す。

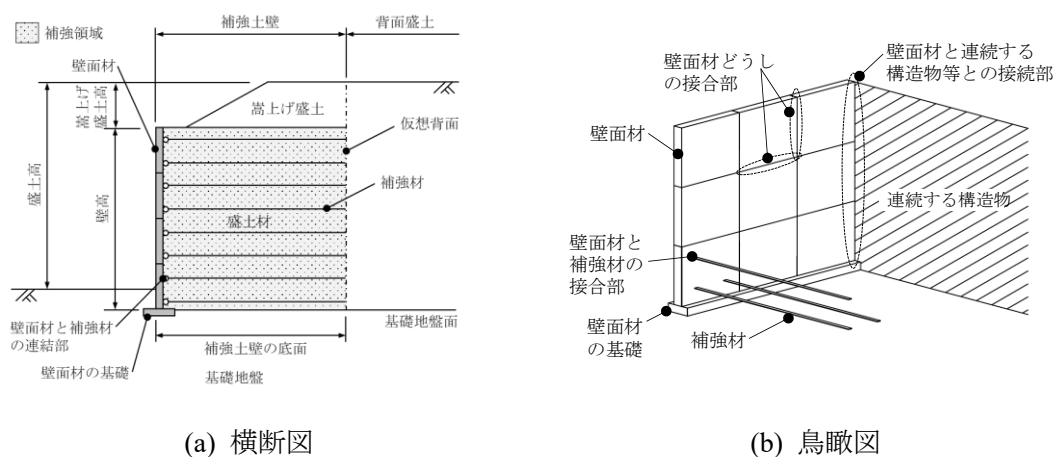


図-2.1.1.1 補強土壁の各部の名称

図-2.1.1.2は補強土壁の基本的な設計で想定している補強メカニズムを示したものである。すなわち、補強土壁は主働領域内の盛土から壁面材に作用する土圧と安定領域内の補強材の引抜き抵抗とが釣り合いながら、壁面材、補強材及び盛土材が相互に拘束し一体となって挙動することで安定を保つとされている。

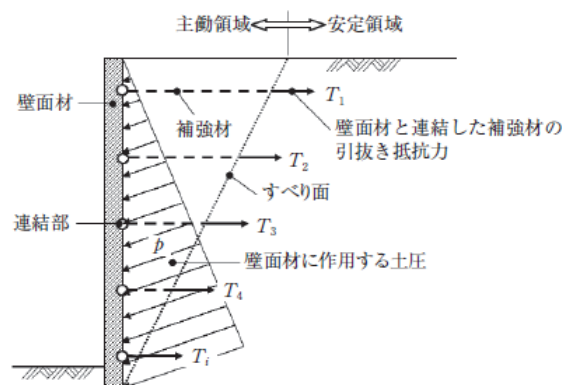


図-2.1.1.2 補強土壁の基本的なメカニズム 2.1-1)

日本における補強土壁の累積壁面積の推移を図-2.1.1.3 に示す。なお、ここに示した推移は橋台背面アプローチ部以外も含んだものである。補強土壁は、1970 年代からわが国の道路盛土工事に適用され、2020 年時点で累計約 2000 万 m^2 の施工実績を有している。また、補強土壁は道路土工構造物の中でも壁高が高いものが多く、近年は橋台背面アプローチ部（以下、「アプローチ部」という。）での適用の実績が増えてきている。橋梁は渡河部のように迂回路の設置が困難な箇所に設置されることが多いため、アプローチ部の補強土壁に不具合が生じると道路交通に与える影響は大きい。実際に、平成 23 年の東北地方太平洋沖地震や令和 6 年能登半島地震では、アプローチ部に補強土壁を適用した箇所の一部で橋台背面の段差により一定期間通行が困難となった事例が見られた。さらに、補強土壁は一般的な盛土より高い耐震性を有する構造物であるが、万一損傷した場合に一般的な盛土と比べて修復が困難な場合が多い。そのため、アプローチ部等の支障時に道路交通に与える影響が大きい箇所に設置する補強土壁は、特に綿密にその構造や維持管理の方法について検討しておく必要がある。

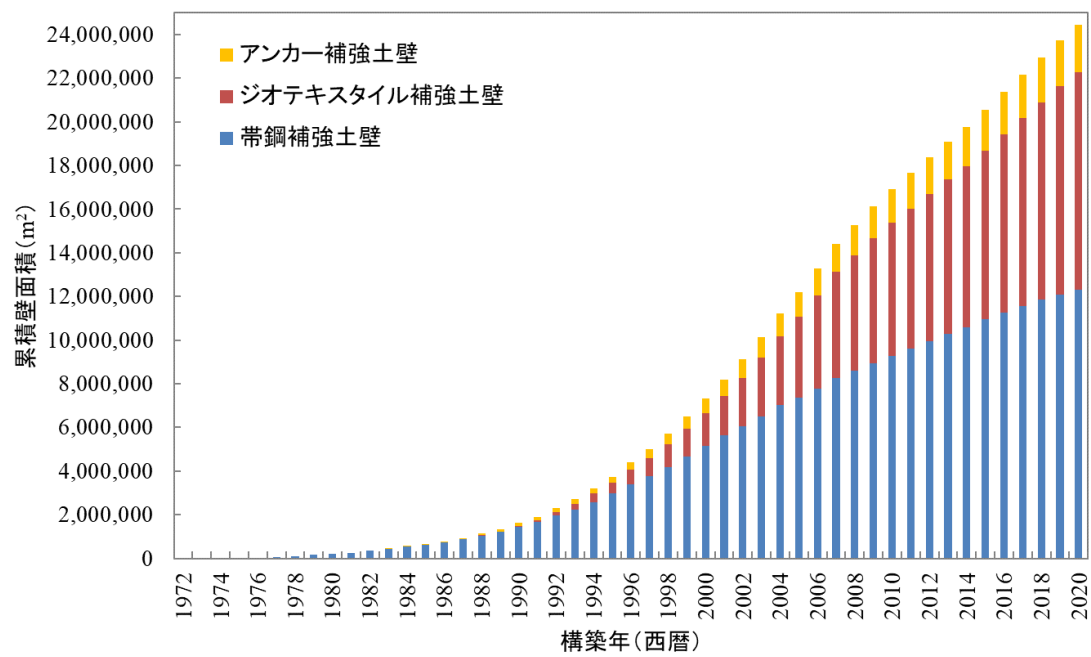


図-2.1.1.3 日本における補強土壁の累積壁面積の推移（橋台背面アプローチ部以外を含む）

2.1.2. 補強土壁工法の種類

補強土壁には、補強材及び壁面材の材質、形状等の異なるいくつかの構造形式がある。代表的な補強土壁の構造形式には、図-2.1.2.1に示すように、壁面材にはコンクリート製又は鋼製のパネルを、補強材に鋼製の帯板をそれぞれ使用した帯鋼補強土壁^{2.1-2)}、壁面材にはコンクリート製又は鋼製のパネルを、補強材に鋼製の棒鋼及びアンカープレートを用いたアンカー補強土壁^{2.1-3)}及びコンクリート製又は鋼製枠による壁面材と面状または格子状の高分子材料を補強材とするジオテキスタイル補強土壁^{2.1-4)}がある。これら代表的な補強土壁の構造形式とその特徴を表-2.1.2.1に示す。

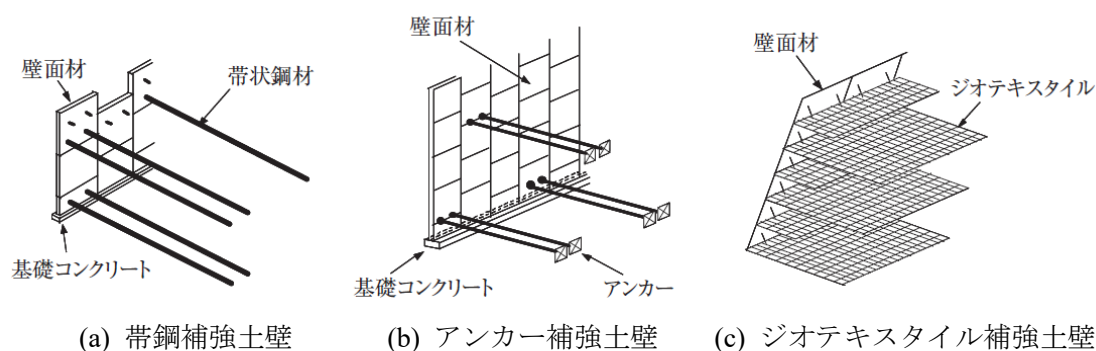


図-2.1.2.1 代表的な補強土壁の構造形式^{2.1-1)}

表-2.1.2.1 代表的な補強土壁の構造形式と特徴^{2.1-1)}

構造形式	補強材	壁面材	特徴	主な留意事項
帯鋼補強土壁	帯状鋼材	・コンクリートパネル（分割型） ・鋼製パネル	・帯状鋼材（リブ付き、平滑）の摩擦抵抗による引抜き抵抗で補強効果を発揮する。	・盛土材料には、摩擦力が十分に発揮される砂質土系や礫質土系の土質材料が望ましい。岩石材料や細粒分を多く含む土質材料については、必要な対策を別途検討する。 ・補強材には、鋼製の材料を用いるため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） ・鋼製パネル	・アンカープレートの支圧抵抗による引抜き抵抗で補強効果を発揮する。	・盛土材料には、支圧抵抗が十分に発揮される砂質土系や礫質土系の土質材料が望ましい。細粒分を多く含む土質材料については、必要な支圧抵抗を得られることを確認して使用する。 ・補強材には、鋼製の補強材を用いるため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	・鋼製枠 ・コンクリートブロック ・コンクリートパネル（分割型） ・場所打ちコンクリート	・面状のジオテキスタイルの摩擦抵抗による引抜き抵抗で補強効果を発揮する。 ・鋼製枠やブロック等の壁面材では植生による壁面緑化が可能である。	・角張った粗粒材を多く含む盛土材料は、補強材を損傷する可能性があり、対策が必要である。 ・補強材には種類が多く、伸び剛性の高いジオテキスタイルを選定するのが望ましい。また、クリープ特性や施工時の損傷等、補強材の引張強度への影響について考慮する必要がある。

2.1.3. 設計における照査の概要

補強土壁の設計に当たっては、(1)補強土壁を構成する部材の安全性に対する照査、(2)補強土壁自体の安定性に対する照査、(3)補強土壁及び基礎地盤を含む全体としての安定性に対する検討を行うこととされている。以下に、各検討項目における照査・検討方法について、その考え方の概要を示す。

(1) 補強土壁の部材の安全性の照査

補強土壁の部材の安全性に対する照査では、表-2.1.3.1 に示すように、壁面材に作用する土圧によって発生する補強材の引張力に対して、補強材の破断、引抜き、壁面材の破壊及び壁面材と補強材の連結部の破断に対する安全性を照査する。これにより、補強材や壁面材等の強度及び補強材の引抜きに対して必要となる補強材の長さや設置間隔が設定される。

表- 2.1.3.1 補強土壁を構成する部材の安全性の照査（文献 2.1-1)～2.1-4)より作成）

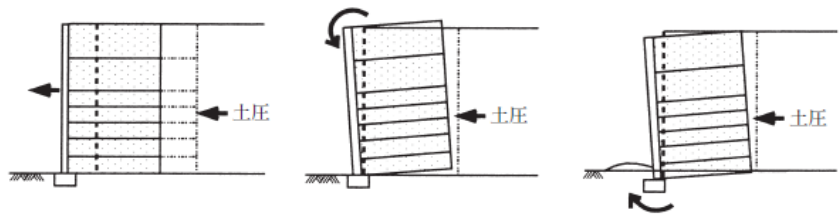
照査の項目	照査の内容
補強材の破断	補強材に作用する引張力＜補強材の設計引張強さ（許容引張応力度）
補強材の引抜き	<p>補強材に作用する引張力＜補強材の設計引抜き抵抗</p> <p>1-1) 摩擦型補強材（帯鋼）</p> $T = 2 \cdot f^* \cdot \sigma_v \cdot b \cdot L_{req} / F_s$ <p>f^*：見かけの摩擦係数、σ_v：鉛直応力、b：補強材幅、L_{req}：必要補強材長、F_s：安全率（常時 2.0、地震時 1.2）</p> <p>1-2) 摩擦型補強材（ジオグリッド）</p> $T = 2(\alpha_1 \cdot c + \alpha_2 \cdot \sigma_v \cdot \tan \phi) \cdot L / F_s$ <p>α_1 及び α_2：補正係数、σ_v：鉛直応力、c：盛土材の粘着力、ϕ：盛土材のせん断抵抗角</p> <p>F_s：安全率（常時 2.0、地震時 1.2）</p> <p>2) 支圧型補強材</p> $T = (c \cdot N_c + p \cdot N_q - p) \cdot A / F_s$ <p>N_c、N_q：支持力係数、A：アンカープレートの面積、c：粘着力、p：拘束圧、F_s：安全率（常時 3.0、地震時 2.0）</p> <p>c：盛土材の粘着力</p>
壁面材と補強材の連結部における破断	連結部に生じる応力＜許容応力度
壁面材の破壊	壁面材の断面力（曲げ、せん断）による応力度＜許容応力度
概要図	<p>(a) 補強材の破断照査</p> <p>(b) 補強材の引抜き照査</p> <p>(c) 壁面材の破壊及び連結部の破断照査</p>

(2) 補強土壁の安定性の照査

補強土壁自体の安定性の照査では、補強土壁を一つの抗土圧構造物とみなし、これに作用する荷重に対して安定であるとともに、変位が許容変位以下であることを照査することとされている。このときの許容変位は、補強土壁により形成される道路及び隣接する施設に有害な影響を及ぼさない変位とすることとされている。安定に関する照査については、表-2.1.3.2 に示すようにコンクリート擁壁と同様に滑動、転倒及び支持に対して所要の安全率が確保されることが照査されている^{2.1-2)~2.1-4)}。支持に対する安定の照査では、補強領域の底面及び壁面材の基礎に対してそれぞれ所要の安全率を満足するように照査が行われる。

変位の照査については、通常的地盤では、安定に対する照査を行えば一般に省略してもよいものとされている。ただし、補強土壁の規模や地盤条件等から補強土壁の変形が予想される場合、変形に関する制限が厳しい箇所等、厳しい条件下で補強土壁を適用する場合は、必要に応じて沈下・変形に対する照査を行うものとされている。

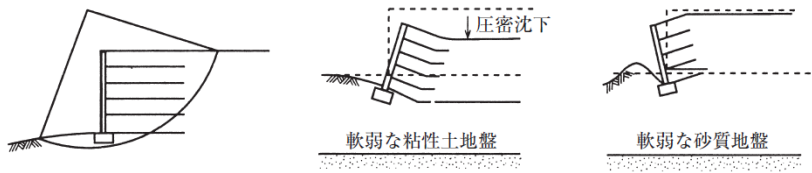
表- 2.1.3.2 補強土壁自体の安定性の照査の概要（文献^{2.1-1)~2.1-4)}より作成）

照査の項目		照査の内容
安定	滑動	補強土壁底面における滑動力<補強土壁の底面の滑動抵抗力（安全率：常時 1.5、地震時 1.2）
	転倒	補強土壁底面における合力の作用位置が、底面の中心より常時で 1/3 以内、地震時で 2/3 以内
	支持	補強土壁の底面における鉛直地盤反力<許容地盤反力度 壁面材の基礎の底面における鉛直地盤反力度<許容地盤反力度 （極限支持力の安全率：常時 3.0、地震時 2.0）
変位		変位が許容変位以下であること
概要図 ^{2.1-1)}		 <p>(a) 滑動に対する照査 (b) 転倒に対する照査 (c) 支持に対する照査</p>

(3) 補強土壁及び基礎地盤を含む全体としての安定性

補強土壁及び基礎地盤を含む全体としての安定性については、表- 2.1.3.3 に示すように、補強土壁の外側及び補強領域を横切るすべりや基礎地盤の沈下、液状化の影響等に対する検討を行うこととされている。

表- 2.1.3.3 補強土壁及び基礎地盤を含む全体としての安定性の検討の概要（文献 2.1-1)～2.1-4)より作成）

照査の項目	照査の内容
すべり	補強土壁を含めた背面盛土及び基礎地盤を通過するすべてのすべりに対して、すべり面上の起動モーメント＜抵抗モーメント（安全率：常時 1.2、地震時 1.0）
圧密沈下	圧密沈下に対して検討する。（道路土工―軟弱地盤対策工指針を参考）
液状化	地盤の液状化に対する安定性を検討する。（道路土工―軟弱地盤対策工指針を参考）
概要図 2.1-1)	 <p>(a) すべりに対する照査 (b) 沈下に対する検討 (c) 液状化に対する検討</p>

2.1.4. 使用材料、構造細目等

補強土壁の使用材料、排水施設及び補強材、壁面材等の配置に関する構造細目について概説する。

(1) 使用材料

補強土壁に使用する材料として、盛土材料、補強材及び壁面材に求められる事項について概説する。

1) 盛土材料

盛土材料には、補強材による補強効果が発揮され、敷均し・締固めが容易で、かつ有害な変形が生じない材料を用いることとされている。この趣旨から、一般に、補強土壁の盛土材料には、圧縮変形量が小さく、通常の施工管理の下で補強材に損傷を与えないで、所定の締固め度と必要な引抜き抵抗力を発揮でき、吸水による膨潤性や強度の低下が少ない地盤材料が使用される。土質区分としては、細粒分の少ない粗粒土が適当である。有機質を多く含む土や圧縮性の高い粘性土は適用しない。また、細粒土に分類される地盤材料は、原則として適用しないこととされている。

補強材は、主に鋼材や合成高分子材料を素材とし、盛土中に敷設されるため、盛土材料には補強材の耐久性に影響を及ぼさないことが求められる。特に、強酸性や強アルカリ性、電気比抵抗が低いもの、もしくは塩化物濃度や硫酸塩濃度の高い特殊な地盤材料は、盛土材料として適用しないこととされている。

2) 補強材

補強材には、十分な引張強度と高い伸び剛性、施工性、一般的な土中環境下における長期間の耐久性、環境適合性等の性能、並びに盛土材との間で十分な引抜き抵抗力を発揮できる寸法・形状を有し、その性状が明らかなものを用いることとされている。

鋼製材料については、土中における耐久性を確保するために、通常はメッキ及び腐食しろが設けられる。一般的な環境下では、腐食しろは1 mm とされている。

合成高分子材料については、長期間の荷重に対するクリープ変形が小さく、盛り立て作業に伴う施工機械の衝撃に対して補強材の損傷度合いが小さく、大きな強度低下を起さないものを用いることとされている。

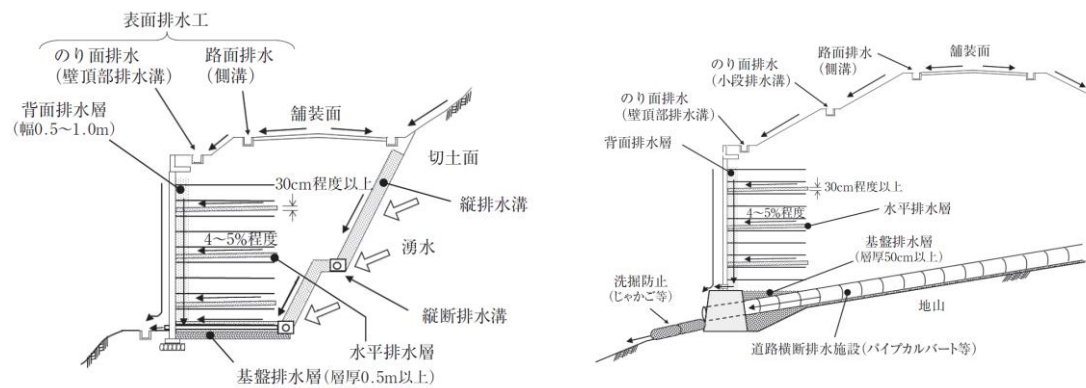
3) 壁面材

壁面材は、盛土材の崩落・こぼれ出しを防ぐとともに、土中に敷設された補強材と連結することにより、補強材と一体となって盛土材を拘束し、補強効果を発揮する重要な役割を果たしている。このため、壁面材及び壁面材と補強材との連結部材は、作用する土圧に抵抗できる形状・強度を長期にわたり保持することが必要である。さらに、外気に露出する表面部分は、紫外線や寒冷地における凍結等に対する十分な耐候性を有し、塩害や腐食等に対する耐久性等も求められる。

(2) 排水施設

補強土壁には、雨水や雪解水、湧水等の補強領域内への浸入を防止するとともに、浸透してきた水を速やかに排除するため、補強土壁の設置条件や構造に応じて、適切に排水施設を設けることとされている。排水対策としては、路面やのり面に降った雨水・雪解水、あるいは補強土壁が横断する沢の水を円滑に流下・排除し、補強領域への浸入を防止する表面排水施設と、切土面における湧水等の補強領域内への浸入の防止と補強領域内に浸透した水を速やかに排除する地下排水施設がある。図-2.1.4.1に補強土壁の排水施設の例を示す。

なお、道路土工に共通する排水施設の調査から維持管理に関する事項については「道路土工要綱 共通編」を、盛土の表面排水施設及び地下排水施設については「道路土工―盛土工指針」を、切土のり面での表面排水施設や地下排水施設については「道路土工―切土工・斜面安定工指針」を、道路横断排水施設については、「道路土工―カルバート工指針」をそれぞれ参照することとされている。



(a) 切土を伴う急傾斜地における排水施設 (b) 谷部（集水地形）における排水施設

図-2.1.4.1 補強土壁の排水施設（例） 2.1-1)

1) 表面排水施設（表面排水工）

補強土壁の表面排水施設には、のり面排水施設と道路横断排水施設がある。

補強土壁の天端に嵩上げ盛土を設ける場合は、盛土や補強領域や基礎地盤への雨水、雪解水等の表面水の浸入やのり面の侵食を防ぐため、のり面には植生やコンクリートブロック張り等の不透水層を設けることとされている。

2) 地下排水施設（地下排水工）

補強土壁の地下排水施設には、図-2.1.4.2 に示すように地下排水溝、基盤排水施設、水平排水層、壁面背面排水層がある。

a) 地下排水溝

自然斜面を切土して補強土壁を設置する場合は、図-2.1.4.1に示すように、水が集まりやすい切り盛り境や掘削のり面の小段に縦断排水溝を設け、5.0～10.0m間隔で設けた縦排水溝により基盤排水層または基盤排水溝へと浸透水を導く地下排水施設を設けることとされている。

b) 基盤排水層

補強土壁の底面には、地下水及び地山からの湧水等の補強領域内への浸入を防止し、速やかに補強領域外に排除するため、厚さ50 cm程度以上の基盤排水層または基盤排水溝を設置することとされている。基盤排水層には、碎石または砂等の透水性が高く、せん断強さの大きい土質材料を用いるものとし、透水係数は $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-2}$ (cm/s) 程度以上、かつ盛土材料の透水係数の100 倍程度以上とされている。

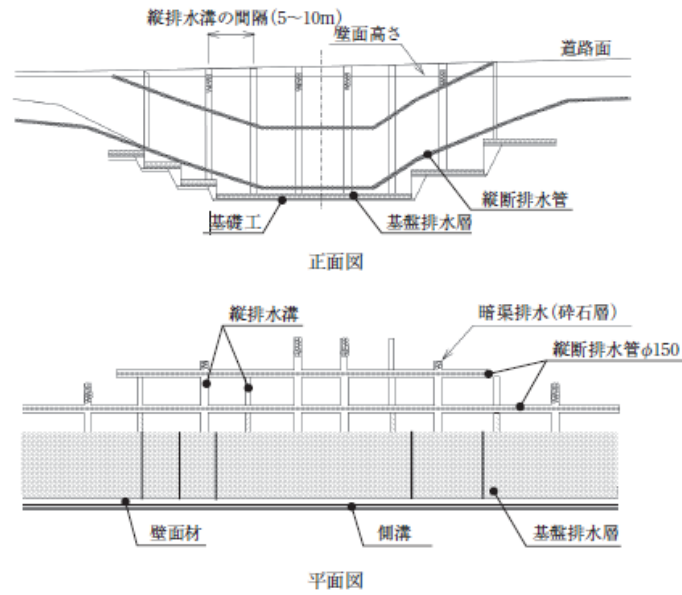
c) 水平排水層

補強領域内への浸透水を排除するため、必要に応じて盛土の一定厚さごとに、補強領域内に適切な排水勾配で水平排水層を設けることとされている。特に、規模が大きい補強土壁や嵩上げ盛土を有する補強土壁に細粒分を多く含む材料を盛土材として用いる場合には、水平排水層を設置する必要がある。排水材料としては、碎石や砂または高い排水機能を有する不織布を用い、碎石や砂を用いる場合は、厚さ30 cm程度以上で透水係数が $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-2}$ (cm/s) 程度以上、かつ盛土材料の透水係数の100倍程度以上の良質な材料を使用することとされている。

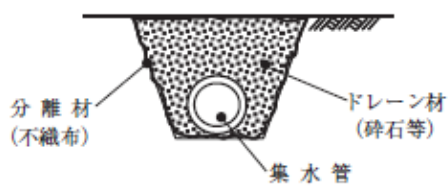
d) 壁面背面排水層

コンクリート製の壁面材を設ける場合には、図-2.1.4.2 (d) に示すように、壁面材の背面には厚さ0.5 ～ 1.0 m 程度の透水性の良い碎石等による背面排水層を設けることとされている。

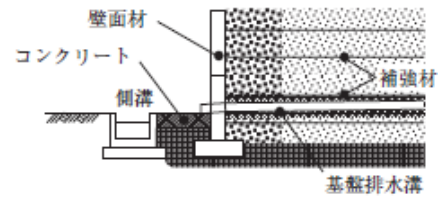
また、碎石等による壁面背面排水層は、寒冷地に見られる壁面材の表面からの凍上現象の抑制に有効な対策となることが知られており、凍上対策については、「道路土工要綱 共通編 3章 凍上対策」^{2.1-5)}を参考とすることとされている。



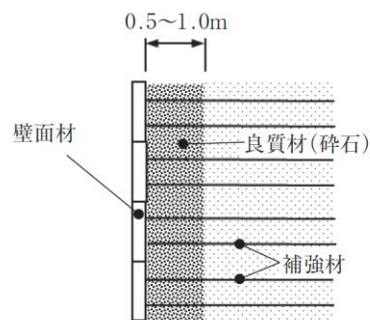
(a) 切土面に設ける地下排水工の配置例



(b) 地下排水溝



(c) 基礎周辺の地下排水施設



(d) 壁面背面排水層

図- 2.1.4.2 地下排水施設 (例) ^{2.1-1)}

(3) 補強材及び壁面材の配置等に関する構造細目

1) 補強材の配置

補強材の設置間隔を広くすると盛土材との拘束効果や補強領域の一体化効果が損なわれるなど、構造上の問題を生じる。このため補強材の設置間隔は、鉛直方向については最大1.0m程度とし、水平方向については、面状の補強材の場合は連続して、帯状や線状の補強材の場合は鉛直方向と同程度の間隔にそれぞれ配置することとされている^{2.1-1)}。

また、両側に壁面を有する構造については、図-2.1.4.3に示すように、補強材が重なりあわないように(a)両側の壁面材の縦断方向の壁面位置を揃えないように設置する、または(b)両側の壁面材の縦断方向の位置を揃え補強材に僅かに角度をつけて設置する等の対処がなされている。

壁面に隅角を有する構造については、図-2.1.4.4に示すように、隅角部が弱部となるおそれに配慮して、一般に、設計計算上必要な量よりも多い補強材を設置するなどの対処がなされている^{2.1-2~2.1-4)}。

例えば、ジオテキスタイル補強土壁の例では、外曲がりとなる隅角部では、補強材の隙間が大きくなるので、隣接する補強材間の隙間が10cm以下となるように補強材(図中の点線部)を追加して隙間を埋める措置をとっている。

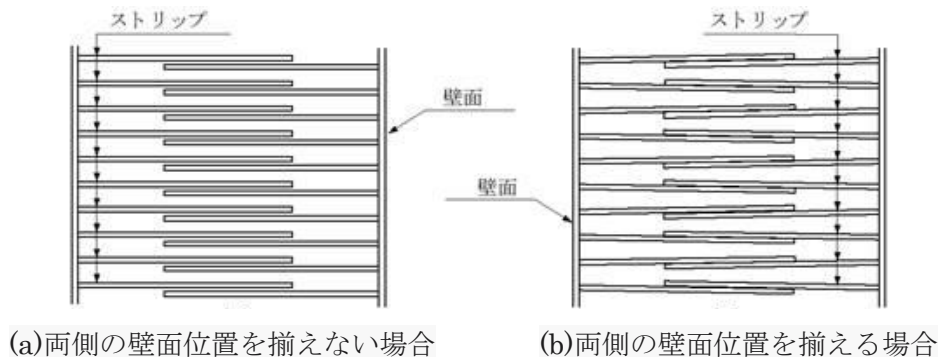
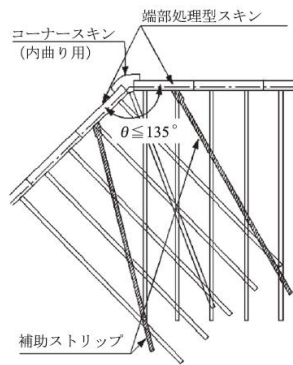
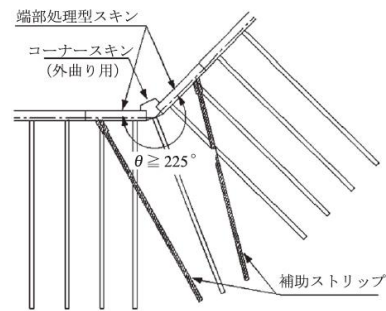


図-2.1.4.3 両側に壁面を有する構造の場合の補強材の配置 (例)^{2.1-2)}

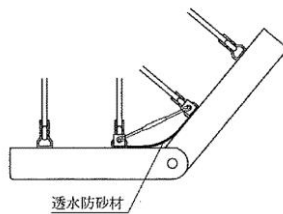


a-1) 内曲がりするとき

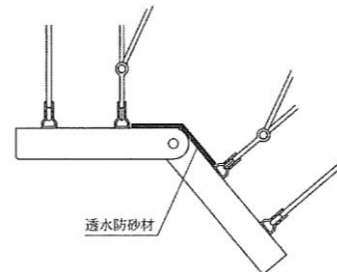


a-2) 外曲がりするとき

(a) 帯鋼補強土壁の例 2.1-2)

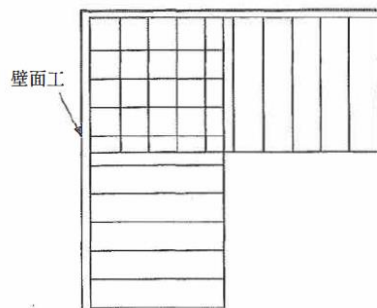


b-1) 内曲がりするとき

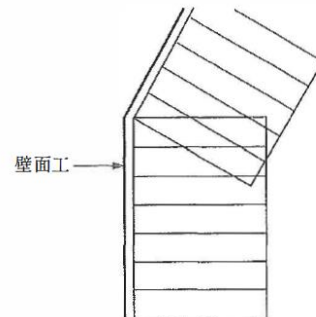


b-2) 外曲がりするとき

(b) アンカー補強土壁の例 2.1-3)



c-1) 内曲がりとなる隅角部



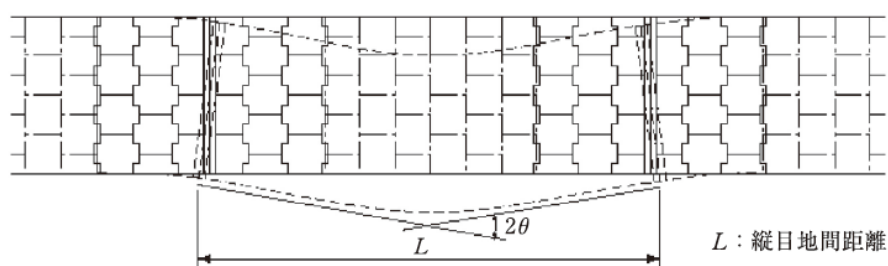
c-2) 外曲がりとなる隅角部

(c) ジオテキスタイル補強土壁の例 2.1-4)

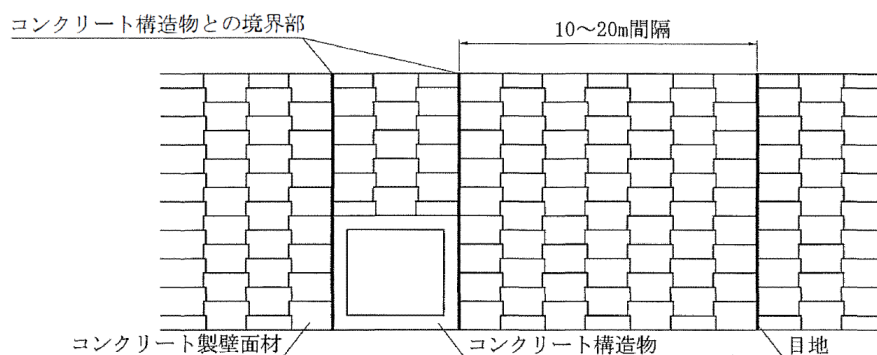
図-2.1.4.4 壁面に隅角を有する構造の場合の補強材の配置 (例)

2) 壁面材の配置

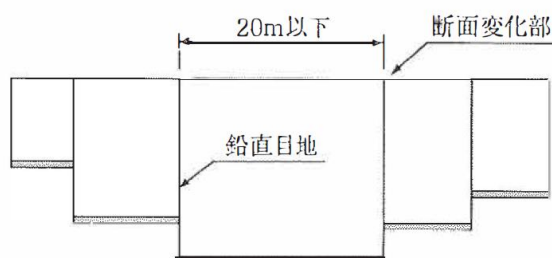
補強土壁の壁面には、縦断方向に基礎形式が異なる場合や壁高の高低により補強材の配置が大きく変化するような箇所では、施工時の変形や基礎の不同沈下等により、壁面材の縦断方向にクラックや開き等を生じることがある。そのような変形が予想される箇所には、壁面材に適切な間隔で鉛直目地を設けることとされている。鉛直目地の位置については、例えば壁高や地盤条件が不連続に変化する位置や、不同沈下に対して壁面材どうしが接触する状態を回避するために壁面材どうしの遊間を考慮した間隔で設けられる（図-2.1.4.5）。



(a) 不同沈下に対して壁面材どうしが接触する状態を回避するための鉛直目地の例
(帯鋼補強土壁の例) 2.1-2)



(b) 隣接構造物との境界部における鉛直目地の例（アンカー補強土壁の例） 2.1-3)



(c) 壁高が不連続に変化する場合の鉛直目地の例（ジオテキスタイル補強土壁の例） 2.1-4)

図- 2.1.4.5 鉛直目地の配置

(4) 壁面材どうしの接合部、壁面材と連続する構造物等との接続部の構造（盛土材のこぼれ出し防止対策）

パネル、ブロック等の比較的に剛な壁面材を用いる場合は、隣り合う壁面材どうしの接合部や目地部、壁面材に設けた水抜き孔、補強土壁と連続する他の構造物との接続部等から、排水にともない背面の盛土材が流出しないよう留意する必要がある。また、補強土壁の変形に伴い壁面材の継目等に関きやズレが生じた場合においても、盛土材のこぼれ出しが生じないように、不織布等の透水性を有したこぼれ出し防止材(透水防砂材)を壁面材の背面に設けることとされている（図- 2.1.4.6）。

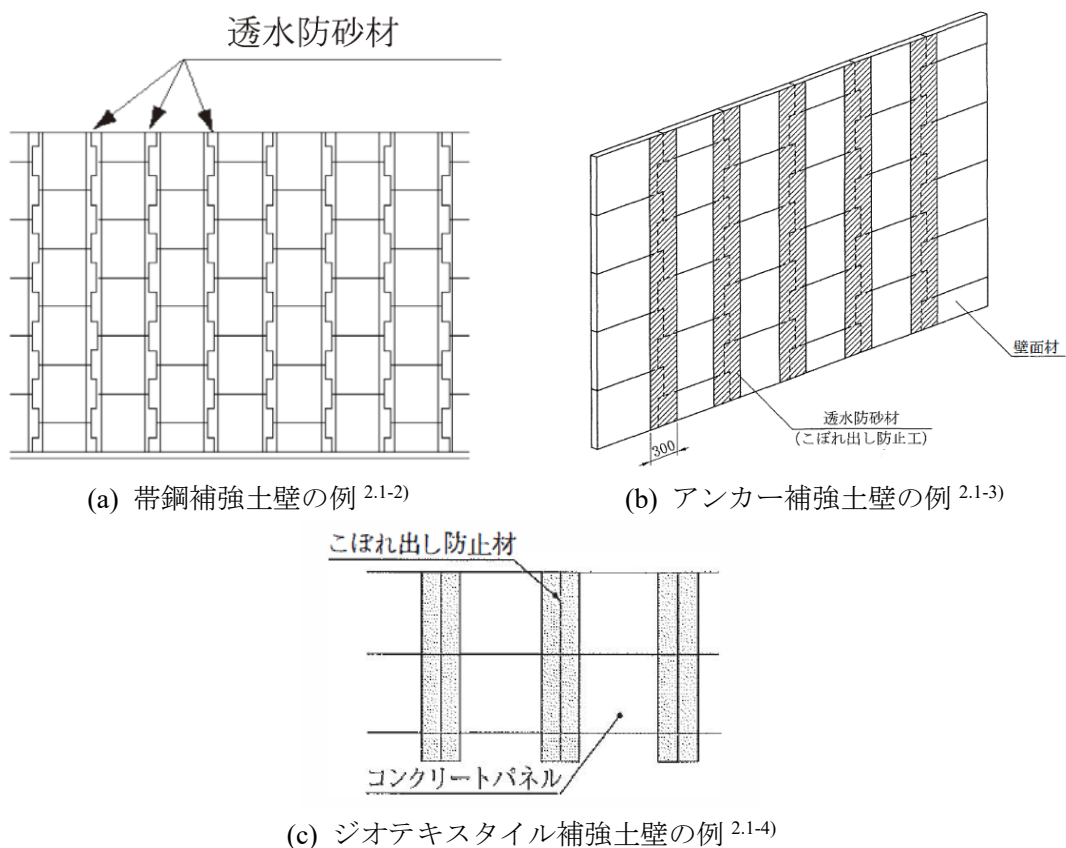
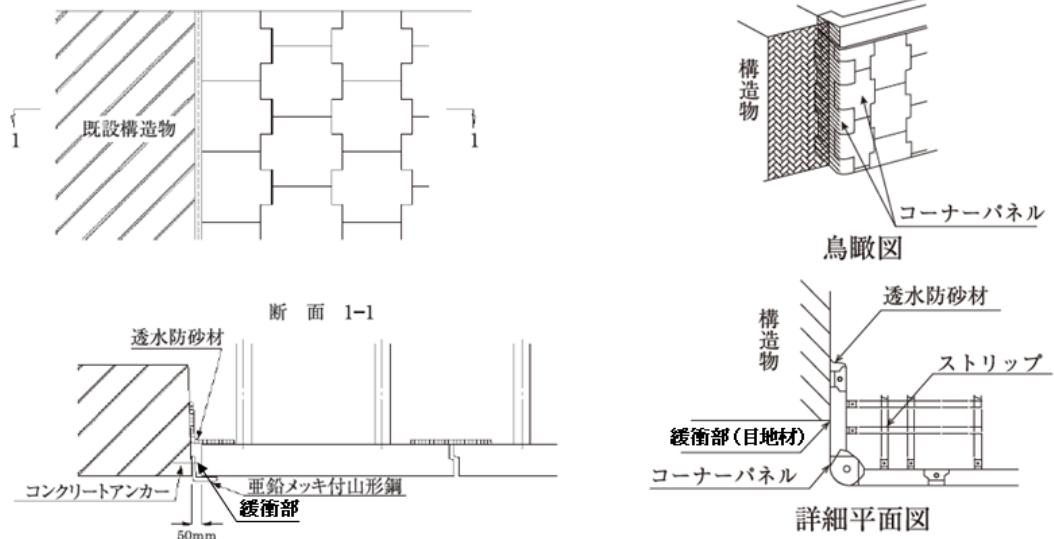


図- 2.1.4.6 壁面材どうしの接合部における盛土材のこぼれ出し防止対策

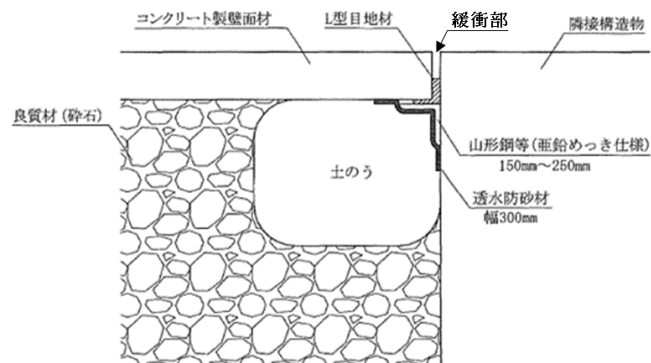
また、補強土壁を橋台、カルバート等の剛な構造物と直接、接して設ける場合、地震時に補強土壁と連続する構造物の挙動が異なるために壁面材が破損することがある。このような箇所では、緩衝部を設けるなど、相互の変形の相違を吸収させ、壁面材や連続する構造物の破損を防止するための措置を行うこととされている（図- 2.1.4.7）。一方で、地震時に補強土壁と構造物の挙動が異なるために連続する構造物の一部が損傷する場合がある。これに対する対応は 2.3.9 項において詳細に示す。



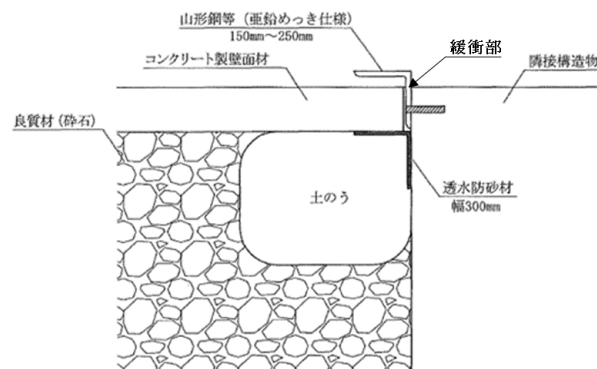
a-1) 端部取付金具を使用した例

a-2) コーナースキンを使用した例

(a) 帯鋼補強土壁の例 2.1-2)

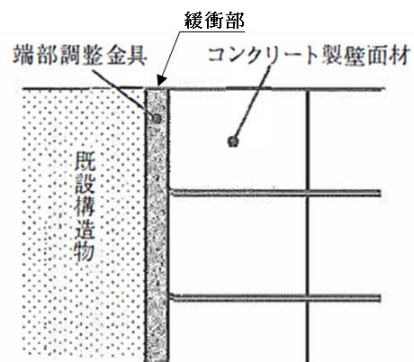


b-1) 山形鋼等を背面側に配置する場合

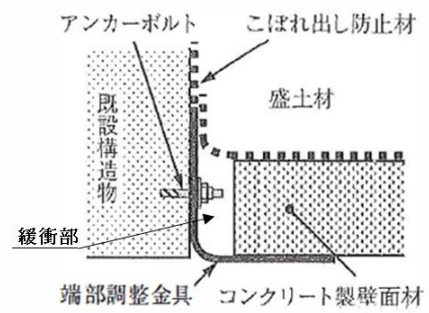


b-2) 山形鋼等を表側に配置する場合

(b) アンカー補強土壁の例 2.1-3)



c-1) 正面図



c-2) 平面図

(c)ジオテキスタイル補強土壁の例^{2.1-4)}

図- 2.1.4.7 連続する構造物との接続部における盛土材のこぼれ出し防止対策

2.1.5. 施工

(1) 盛土工

施工においては、補強材がその機能を十分に発揮できるように適切な施工管理の下で行う必要がある。

施工段階で基礎地盤や盛土材料、湧水等の条件の確認や盛土材のまき出し・締固めが不十分な場合には、施工中もしくは施工後に、補強土壁に変状が生じ、手直しが必要となる。このため、補強土壁の施工では、特に慎重な対応が求められる。

盛土工については、盛土材の敷均しは、補強材の設置間隔に応じて仕上がり厚さを設定し、適切な施工管理の下で実施するとともに、盛土材の締固めは、所要の締固め度を得られ、補強材がその機能を十分に発揮できるよう適切な施工管理の下で行うこととされている。この趣旨から、締固めについては、薄層で盛土材の敷均しを行い、締固め品質の規定や管理基準値の目安については、一層の締固め層厚を 20～30cm としている^{2.1-6)}。一般部においては、一層の仕上がり厚を 25cm 以下として、「突固めによる土の締固め試験 (JISA 1210)」の A、B 法による最大乾燥密度の 95%以上、又は C、D、E 法による最大乾燥密度の 90%以上とすることとされている^{2.1-1～4)}。

壁面の近傍は狭隘であることから大型の締固め機械で締め固めることが困難である。そのため壁面材の背面から 1 m 以内は人力による締固めとなるため、所要の締固め度を確保できるよう締固めの容易な盛土材料を使用するとともに、薄層で締固めを行うこととされている。締固めの容易な盛土材料として、一般に碎石等が用いられている。なお、敷均しを含めて、設置した補強材の上を建設機械が直接走行しない、建設機械の方向転換を行わないなど、締固めにより補強材に損傷が生じないように十分に配慮することとされている。なお、締固め管理基準値等については、2.3.7 項において詳述している。

参考文献

- 2.1-1) 公益社団法人日本道路協会：道路土工―擁壁工指針，丸善出版，2012
- 2.1-2) 一般財団法人土木研究センター：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
- 2.1-3) 一般財団法人土木研究センター：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，2014
- 2.1-4) 一般財団法人土木研究センター：ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル第二回改訂版，2013
- 2.1-5) 公益社団法人日本道路協会：道路土工要綱，丸善出版，2009
- 2.1-6) 公益社団法人日本道路協会：道路土工―盛土工指針，丸善出版，2010