

Leading
Innovator for
Value-added
Infrastructure
and Creativity

診断対応型 多数アンカー式補強土壁工法 「NDパネル」

建設技術展示館 第16期「第5回 出展技術発表会」

■ 補強土壁の概要

- ・ 補強土の原理と分類
- ・ 補強土壁の種類
- ・ 補強土壁の適用範囲
- ・ 施工実績の推移
- ・ 補強土壁に関する基準類
 - 道路土工構造物点検要領
- ・ 補強土壁における点検項目と点検事例

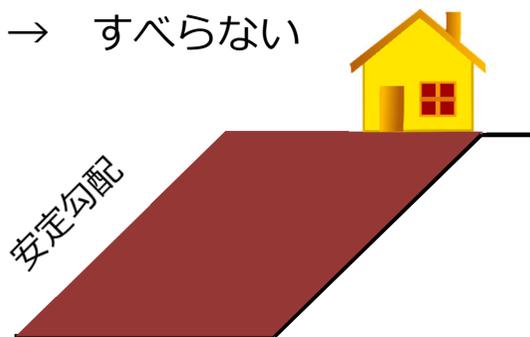
■ 診断対応型多数アンカー式補強土壁「NDパネル」

- ・ 「NDパネル」
 - Point①「連結構造」
 - Point②「診断作業」
 - Point③「診断方法」
 - Point④「メンテナンスサポート」
- ・ 適用事例
- ・ 設計方法
- ・ 施工方法

補強土の原理と分類

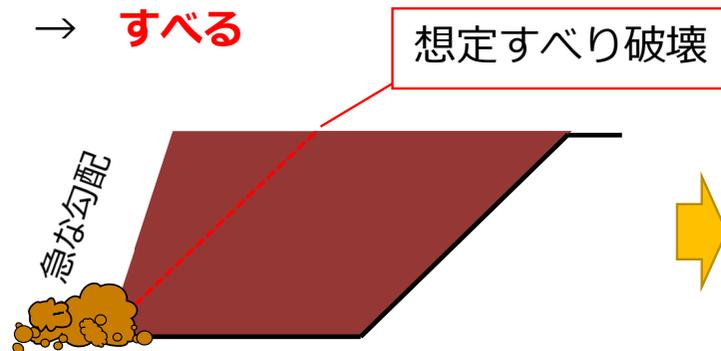
安定勾配の盛土

→ すべらない



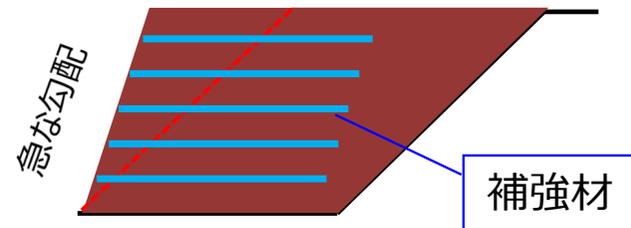
安定勾配より急な勾配の盛土

→ **すべる**

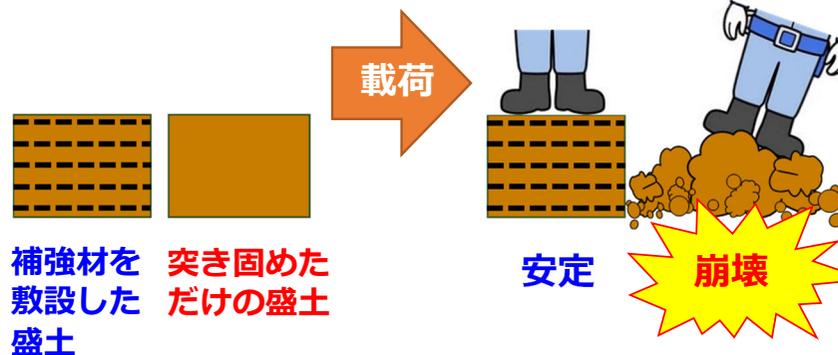


補強材を敷設した急勾配の盛土

→ すべらない



すべろうとする力を **補強材** の敷設で抑止

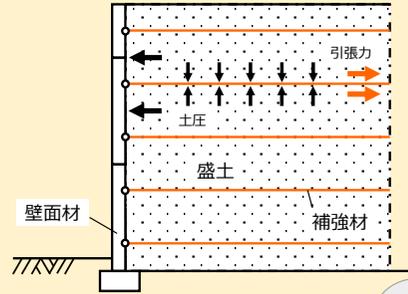


補強土の原理と分類

■ 土の中に引張補強材を敷設・挿入することにより土工構造物全体を安定させる工法を**補強土**という

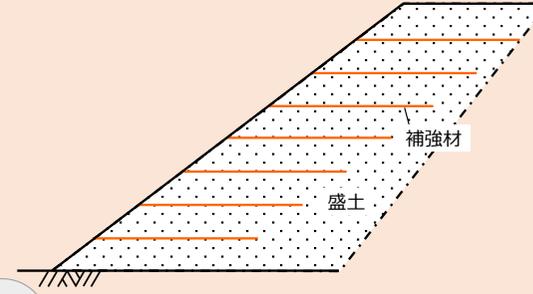
「補強土壁工法」

…補強材の敷設で安定させた盛土のうち、法面勾配が1:0.6より急なもの



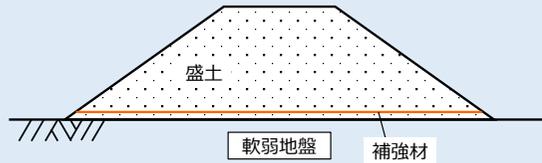
「補強盛土工法」

…補強材の敷設で安定させた盛土のうち、法面勾配が1:0.6より緩いもの



「軟弱地盤上の盛土補強工法」

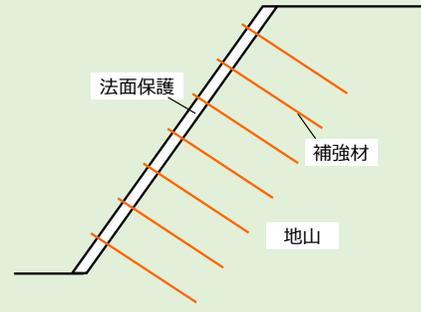
…盛土下層部に補強材を敷設して安定させたもの



補強土

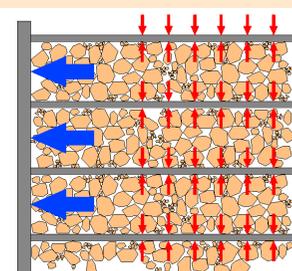
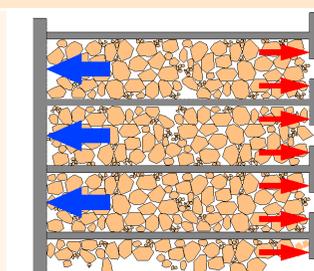
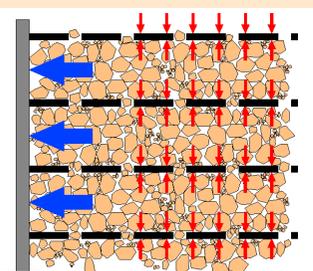
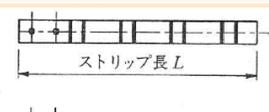
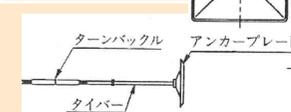
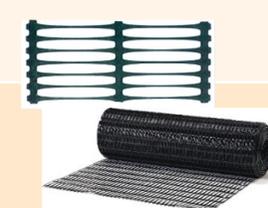
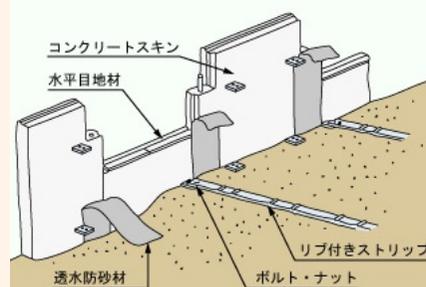
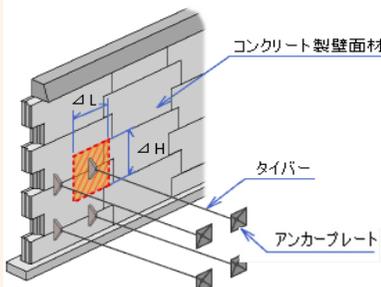
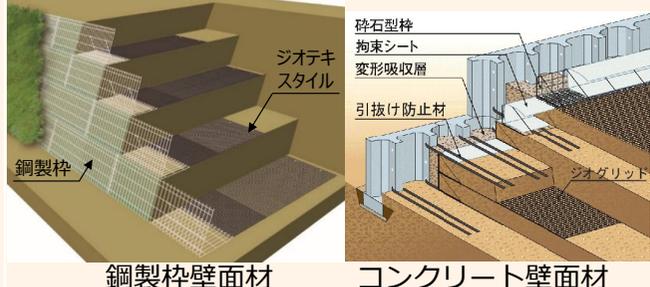
「地山・切土補強工法」

…地山や切土法面に補強材を挿入して安定させたもの



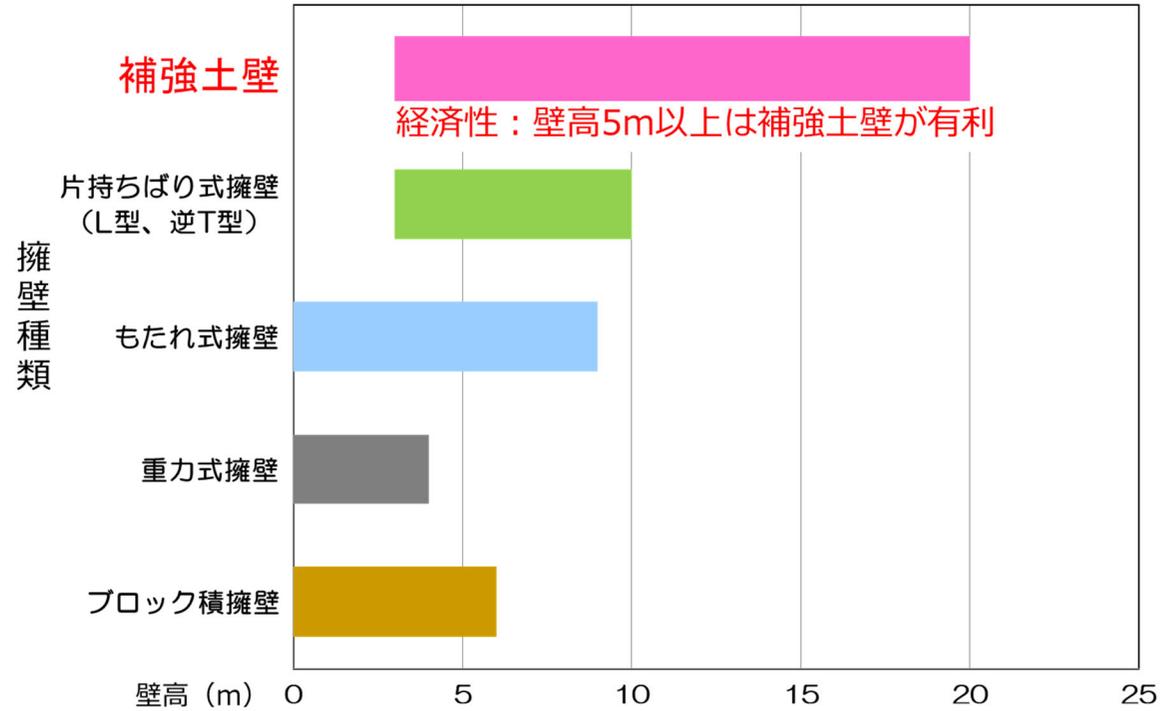
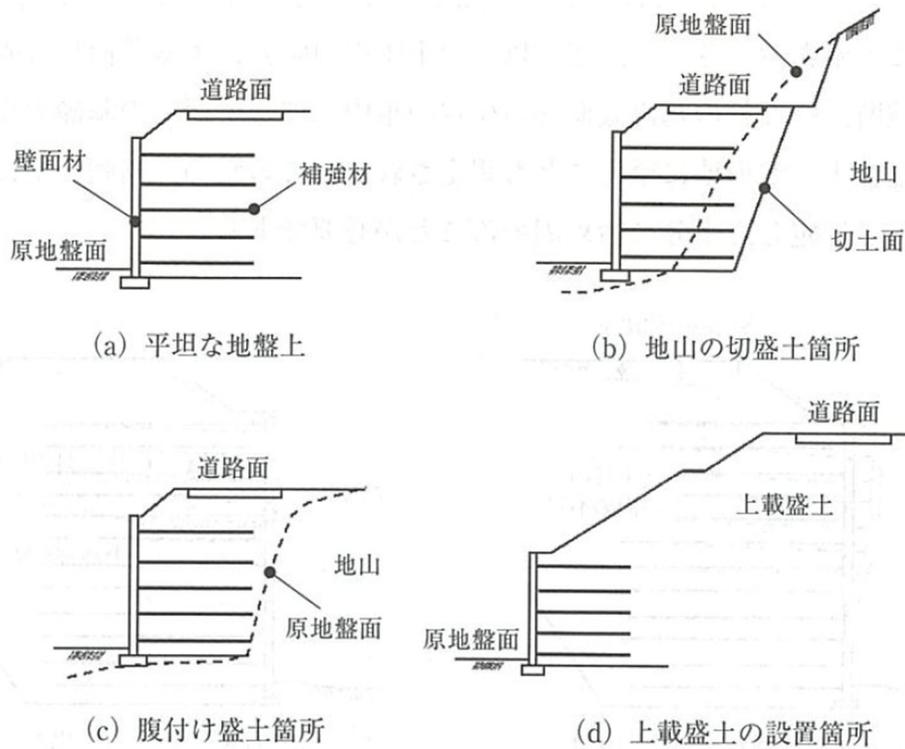
補強土壁の種類

■ 補強土壁工法は、構造形式の異なる代表的な3つに分類される

分類	帯鋼補強土壁	アンカー補強土壁	ジオテキスタイル補強土壁
工法名	テールアルメ工法	多数アンカー式補強土壁工法	テンスー, アデム, トリグリッド, アデムウォール
補強原理	 <ul style="list-style-type: none"> ・摩擦抵抗による引抜抵抗力 	 <ul style="list-style-type: none"> ・支圧抵抗による引抜抵抗力 	 <ul style="list-style-type: none"> ・インターロッキング効果と摩擦抵抗による引抜抵抗力
補強材	<ul style="list-style-type: none"> ・ストリップ (帯状鋼材) 	<ul style="list-style-type: none"> ・タイバー (鋼棒) ・アンカープレート 	<ul style="list-style-type: none"> ・ジオテキスタイル (格子状) 
模式図	 <p>コンクリートスキン 水平目地材 リブ付きストリップ ボルト・ナット 透水防砂材</p>	 <p>コンクリート製壁面材 タイバー アンカープレート</p>	 <p>鋼製樫壁面材 コンクリート壁面材 ジオテキスタイル 砕石型枠 拘束シート 変形吸収層 引抜け防止材 ジョグリッド</p>

補強土壁の適用範囲

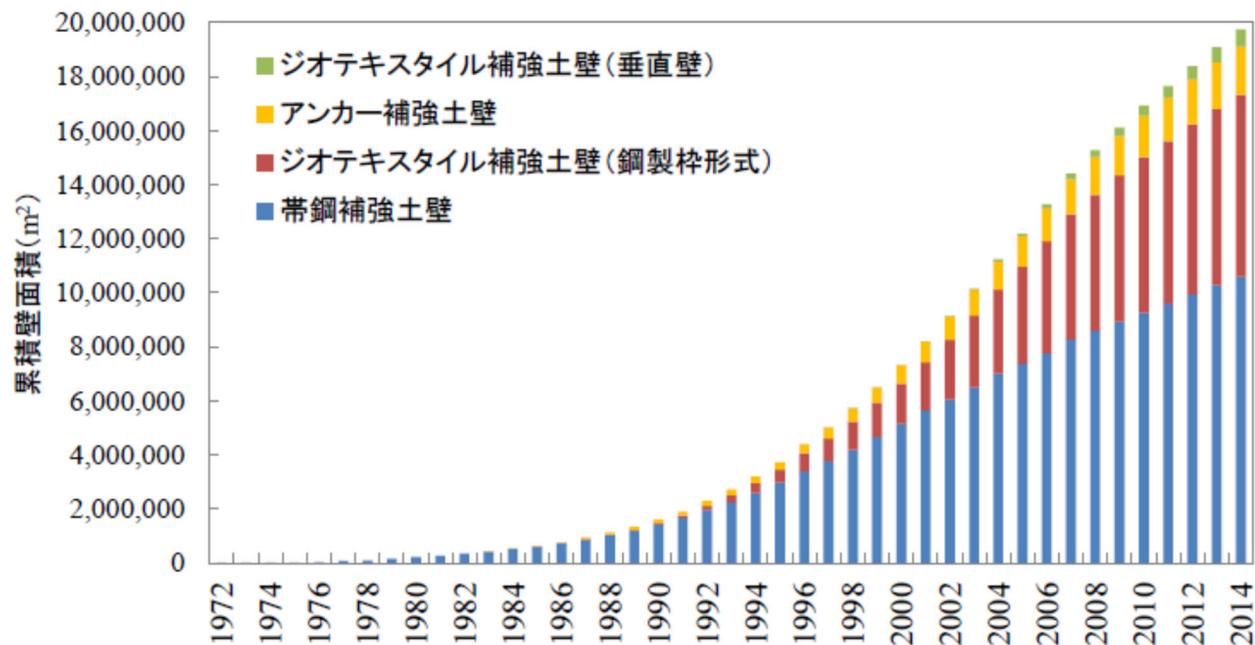
- 補強土壁は、大きな用地や費用を必要とせずに**比較的高い壁高の土構造物**の構築が可能である
- コンクリート擁壁に比べて、道路用地に制約がある場所など厳しい条件の箇所で適用されることが多い



出典：日本道路協会，道路土工擁壁工指針，2012

施工実績の推移

- 国内では1972年に帯鋼補強土壁が初採用され、これまでさまざまな工法により普及が進んできた
- アンカー補強土壁は1983年に**日本で開発された構造形式**である



出典：土木研究所他，補強土壁の維持管理手法開発に関する共同研究報告書，2016



2015年以降も年間50万～60万m²施工されており，現在は累計2000万m²を超える実績がある

補強土壁に関する基準類（最近の動向）

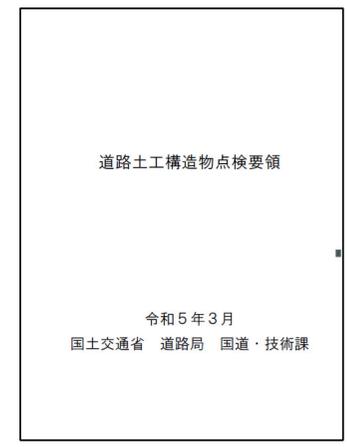
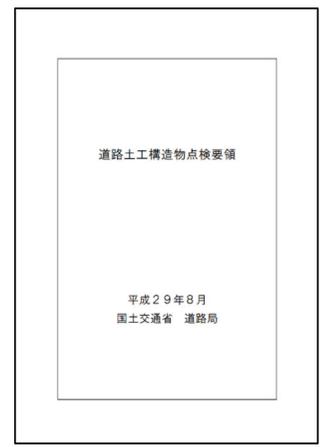
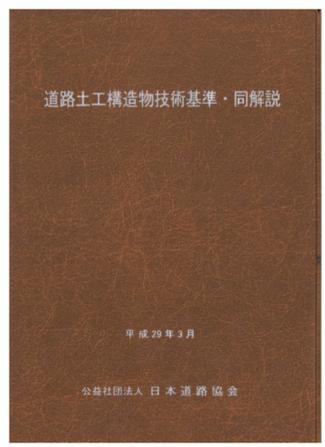
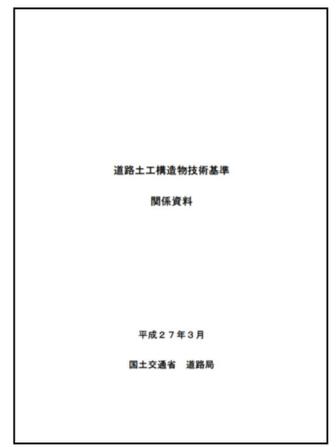
- 2012年7月（平成24年）：「擁壁工指針」が改定
- 2015年3月（平成27年）：「道路土工構造物技術基準」が制定
- 2017年3月（平成29年）：「道路土工構造物技術基準・同解説」が発刊
- 2017年8月（平成29年）：「道路土工構造物点検要領」の策定
- 2023年3月（令和5年）：「道路土工構造物点検要領」の改訂

設計・施工

補強土壁に性能設計が導入

維持管理

点検方法の明示

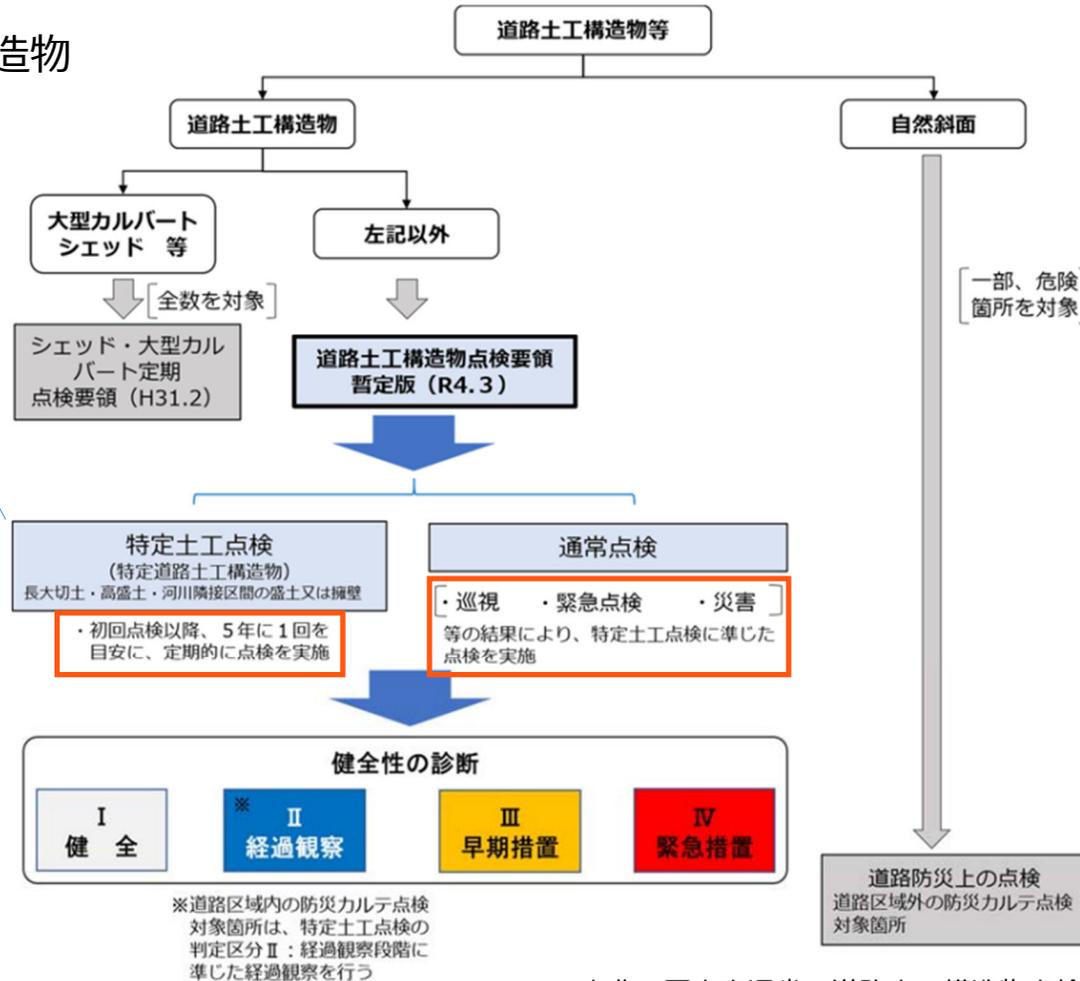
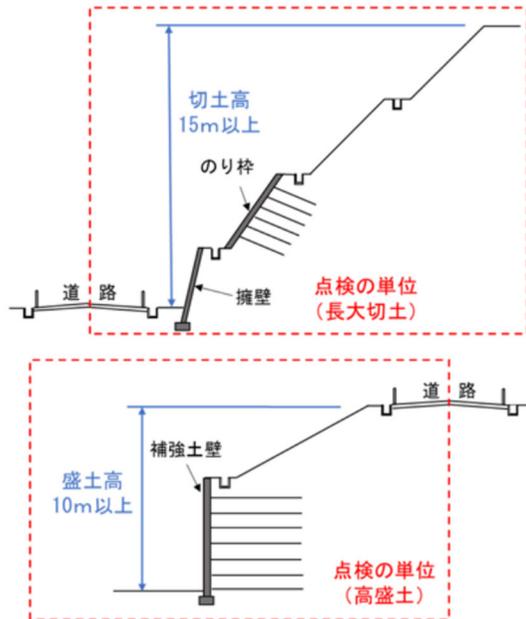


道路土工構造物点検要領

■ 点検要領の位置づけと特定道路土工構造物

<特定道路土工構造物>

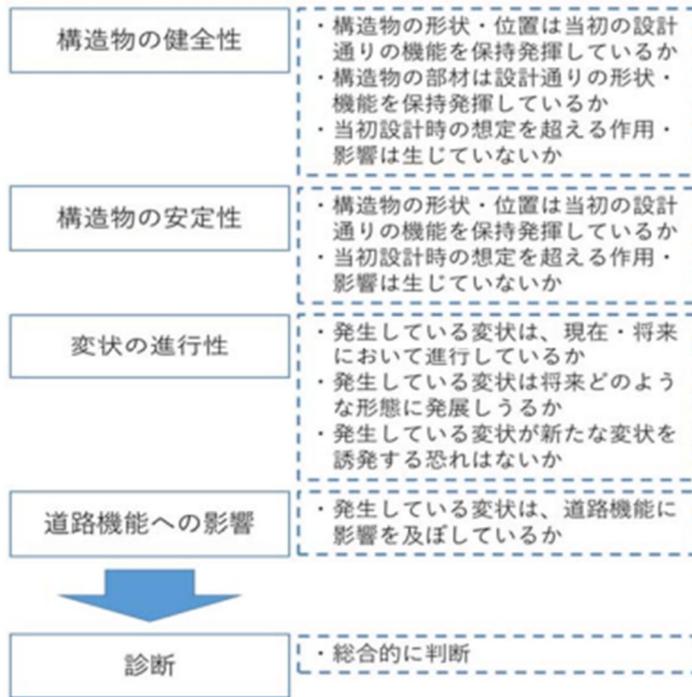
- ・長大切土（約15m以上）
- ・高盛土（約10m以上）
- ・河川隣接区間の盛土又は擁壁



出典：国土交通省，道路土工構造物点検要領，2023.3（に加筆）

■ 健全性の診断による判定区分

着眼点



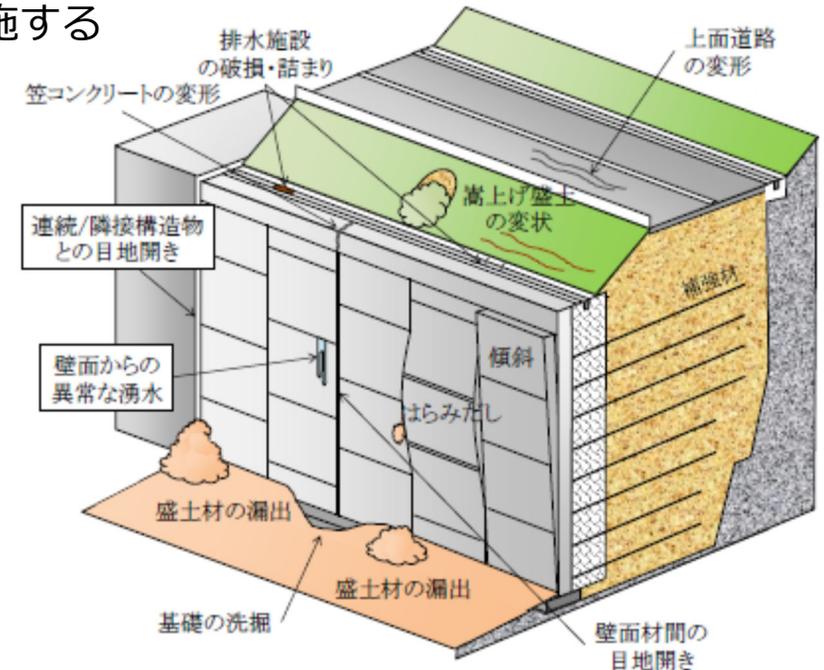
道路機能に支障を及ぼすような変状を網羅的に調査し、総合的に診断を行うことが重要

判定区分	判定の内容
I 健全	変状はない ，もしくは変状があっても 対策が必要ない 場合（道路の機能に支障が生じていない状態）
II 経過観察段階	変状が確認され，変状の進行度合いの 観察が一定期間必要 な場合 （道路の機能に支障が生じていないが，別途,詳細な調査の実施や定期的な観察などの措置が望ましい状態）
III 早期措置段階	変状が確認され，かつ次回点検までにさらに進行すると想定されることから構造物の崩壊が予想されるため，できるだけ 速やかに措置を講ずることが望ましい 場合
IV 緊急措置段階	変状が著しく，大規模な崩壊に繋がるおそれがあると判断され， 緊急的な措置が必要 な場合 （道路の機能に支障が生じている，又は生じる可能性が著しく高く，緊急に措置を講ずべき状態）

補強土壁における点検項目と点検事例

- 補強土壁の点検は**近接目視**が基本であり、点検の結果を「補強土壁点検台帳」に記録する
- 著しい変状や損傷が確認された場合は動態観測や応急措置を実施する

点検箇所	点検項目
壁面	はらみ・折れ・傾斜・漏水痕
壁面材	脱落・変形・損傷・角欠け・クラック・剥離・目地開き・ずれ・変色・錆汁・植生異常
盛土（材）	漏出（痕）・沈下・吸出し
笠コンクリート	傾斜・クラック・目地開き・ずれ・変色・錆汁
嵩上げ盛土	小崩壊・浸食・沈下・クラック・スレーキング・高含水比
排水施設	詰まり・損傷・クラック・洗堀
基礎	洗堀・沈下・滑動・転倒・クラック・目地開き・ずれ
基礎地盤	洗堀・沈下・すべり
防護柵基礎	傾斜・転倒・クラック・ずれ
上面道路	クラック・沈下・陥没・段差・異常振動（空洞化）
隣接構造物境界	開き・損傷・変形（端部調整材）

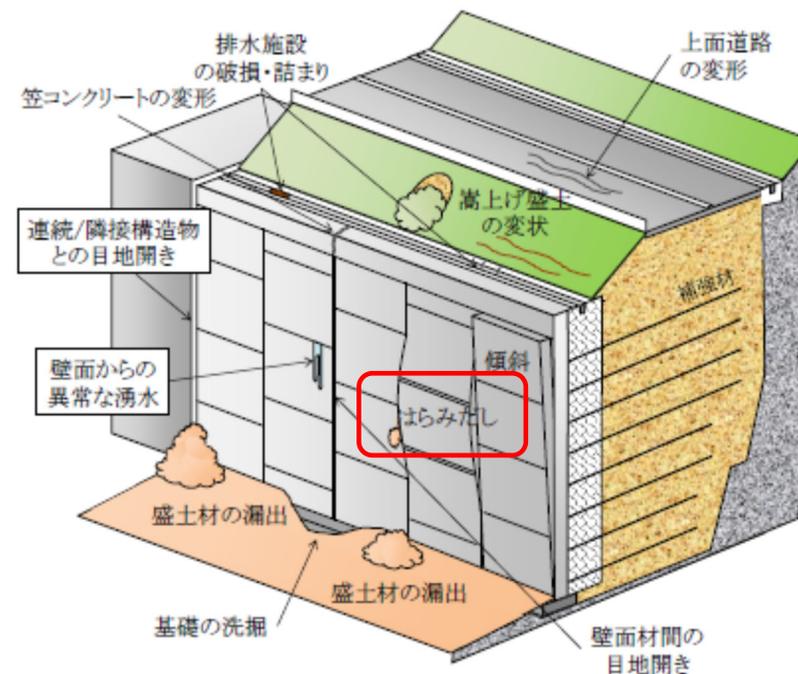


点検において「異常あり」と判断すべき項目

出典：補強土壁の維持管理手法の開発に関する共同研究，2016.3

補強土壁における点検項目と点検事例

■ 事例（はらみだし）

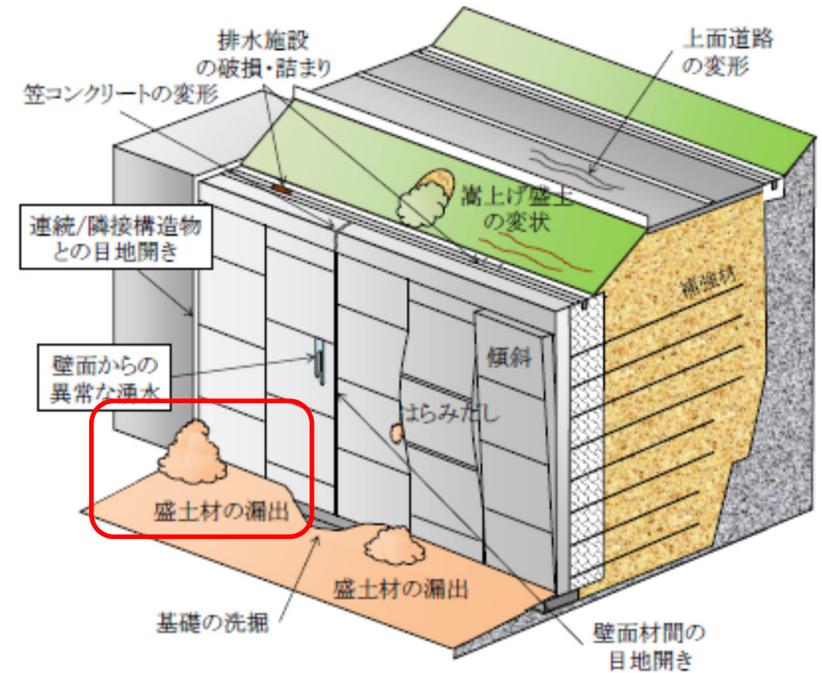
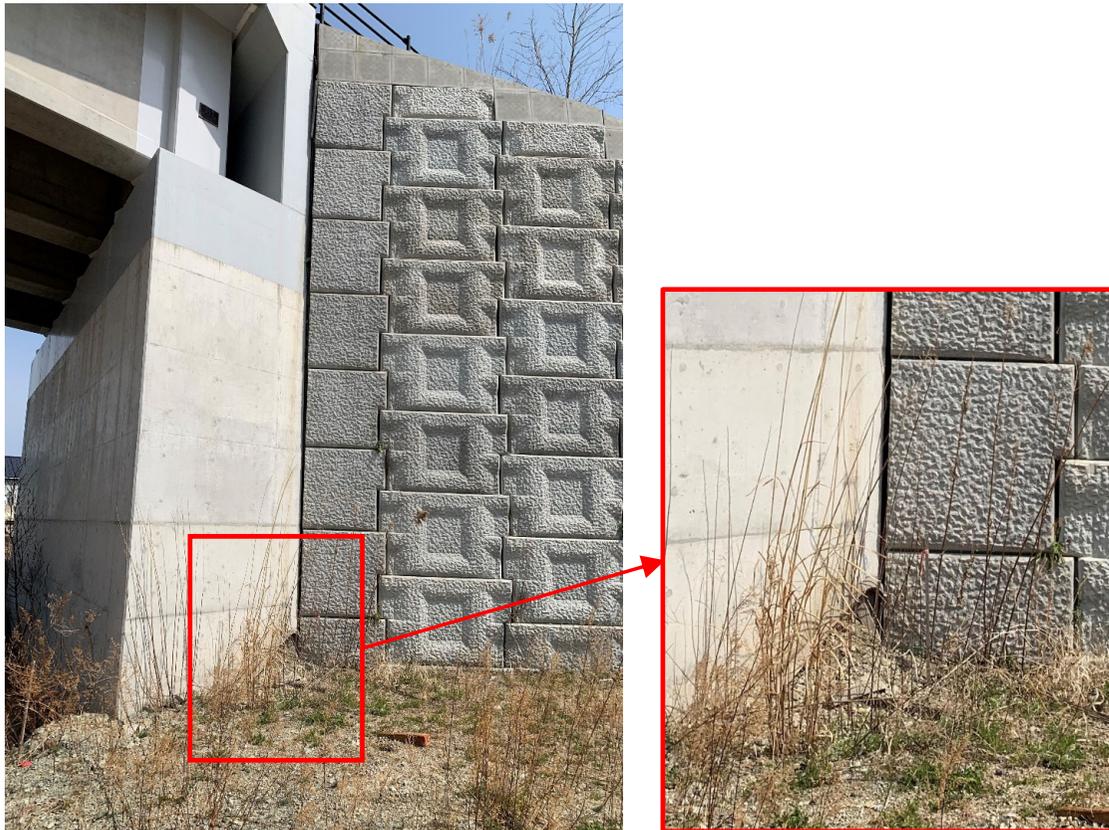


点検において「異常あり」と判断すべき項目

出典：補強土壁の維持管理手法の開発に関する共同研究，2016.3

補強土壁における点検項目と点検事例

■ 事例（盛土材の漏出）

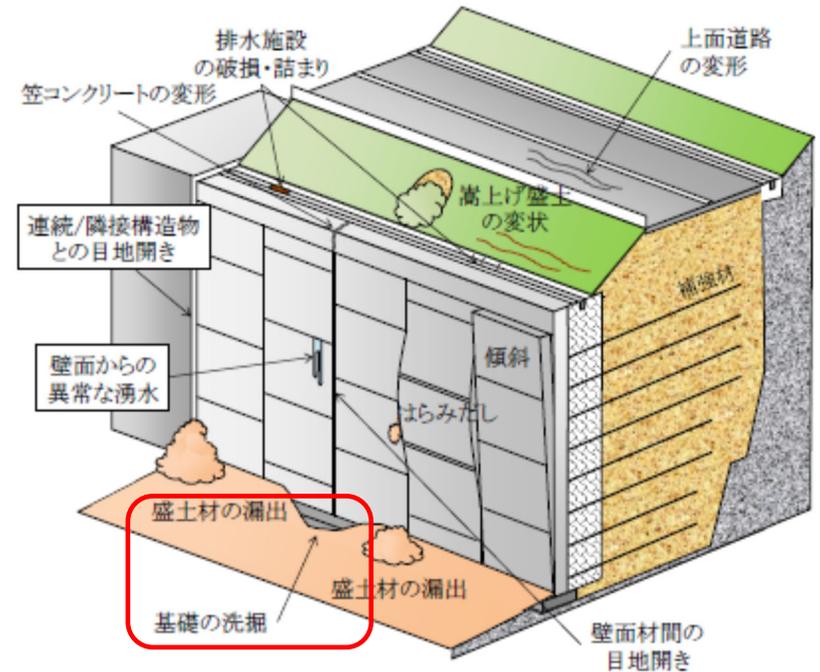


点検において「異常あり」と判断すべき項目

出典：補強土壁の維持管理手法の開発に関する共同研究，2016.3

補強土壁における点検項目と点検事例

■ 事例（基礎の洗堀）



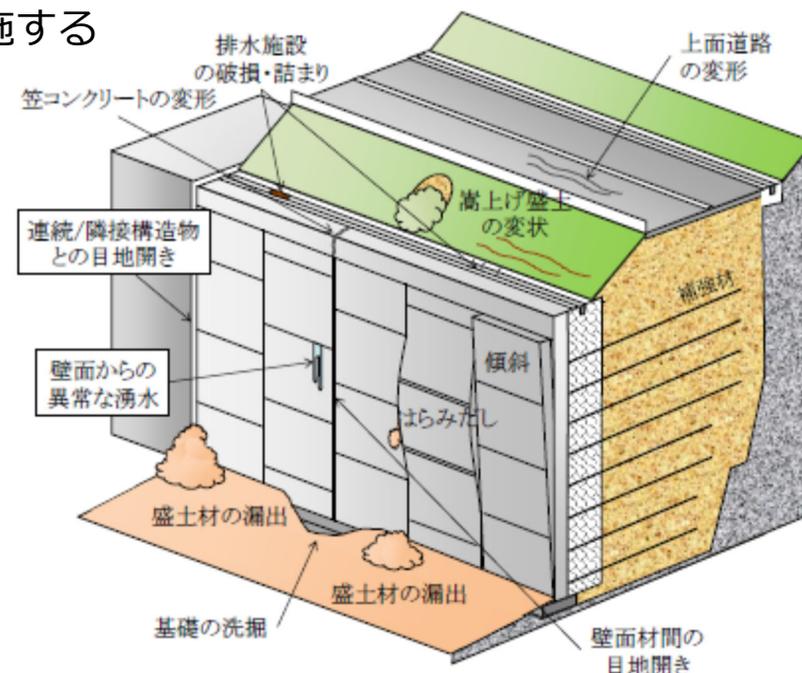
点検において「異常あり」と判断すべき項目

出典：補強土壁の維持管理手法の開発に関する共同研究，2016.3

補強土壁における点検項目と点検事例

- 補強土壁の点検は**近接目視**が基本であり、点検の結果を「補強土壁点検台帳」に記録する
- 著しい変状や損傷が確認された場合は動態観測や応急措置を実施する

点検箇所	点検項目
壁面	はらみ・折れ・傾斜・漏水痕
壁面材	脱落・変形・損傷・角欠け・クラック・剥離・目地開き・ずれ・変色・錆汁・植生異常
盛土（材）	漏出（痕）・沈下・吸出し
笠コンクリート	傾斜・クラック・目地開き・ずれ・変色・錆汁
嵩上げ盛土	小崩壊・浸食・沈下・クラック・スレーキング・高含水比
排水施設	詰まり・損傷・クラック・洗堀
基礎	洗堀・沈下・滑動・転倒・クラック・目地開き・ずれ
基礎地盤	洗堀・沈下・すべり
防護柵基礎	傾斜・転倒・クラック・ずれ
上面道路	クラック・沈下・陥没・段差・異常振動（空洞化）
隣接構造物境界	開き・損傷・変形（端部調整材）



点検において「異常あり」と判断すべき項目

出典：補強土壁の維持管理手法の開発に関する共同研究，2016.3

従来の補強土壁では、土中に埋設された**補強材の非破壊による検査・診断が極めて困難**であることが課題

■ 補強土壁の概要

- ・ 補強土の原理と分類
- ・ 補強土壁の種類
- ・ 補強土壁の適用範囲
- ・ 施工実績の推移
- ・ 補強土壁に関する基準類
 - 道路土工構造物点検要領
- ・ 補強土壁における点検項目と点検事例

■ 診断対応型多数アンカー式補強土壁「NDパネル」

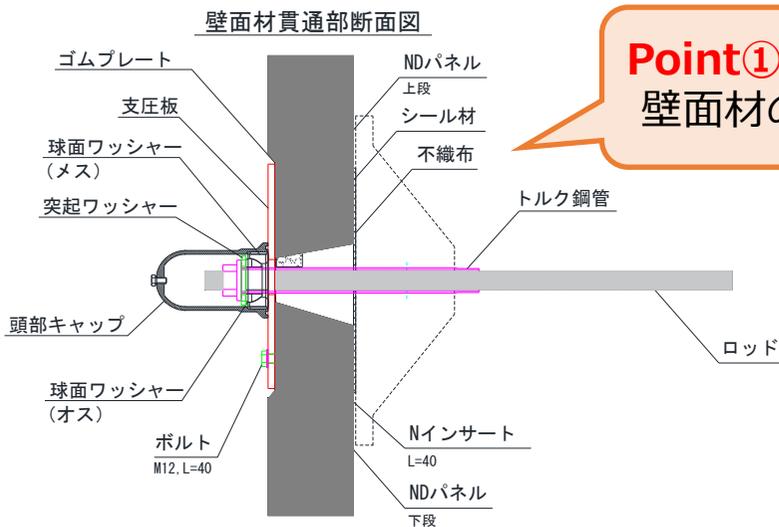
- ・ 「NDパネル」
 - Point① 「連結構造」
 - Point② 「診断作業」
 - Point③ 「診断方法」
 - Point④ 「メンテナンスサポート」
- ・ 適用事例
- ・ 設計方法
- ・ 施工方法



補強材を「見える化」 → 『NDパネル』

「NDパネル」

■ 補強材の非破壊診断 (Non-destructive Diagnosis) を可能にした多数アンカー式補強土壁用の壁面材



Point① 「連結構造」

壁面材の背面で補強材を連結する構造から、補強材が前面に突出する構造に変更

Point② 「診断作業」

補強土壁の診断工程が大幅に短縮され安全性も向上

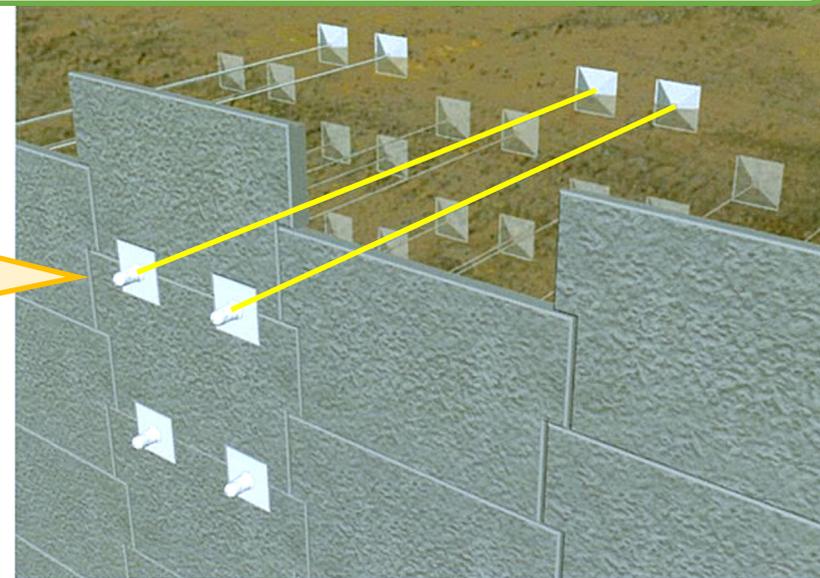


Point③ 「診断方法」

ダミー補強材を使用せず部材として機能した補強材の診断が可能

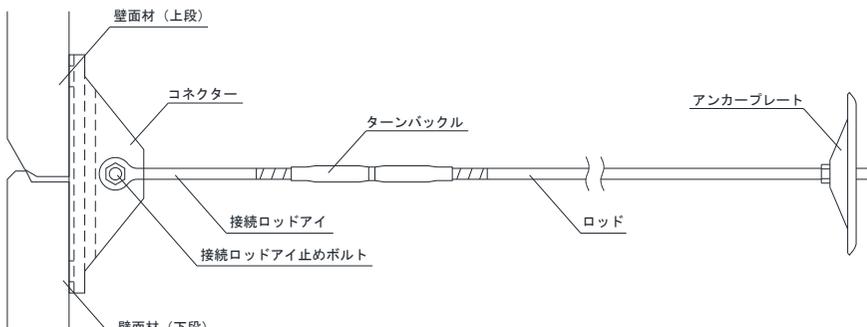
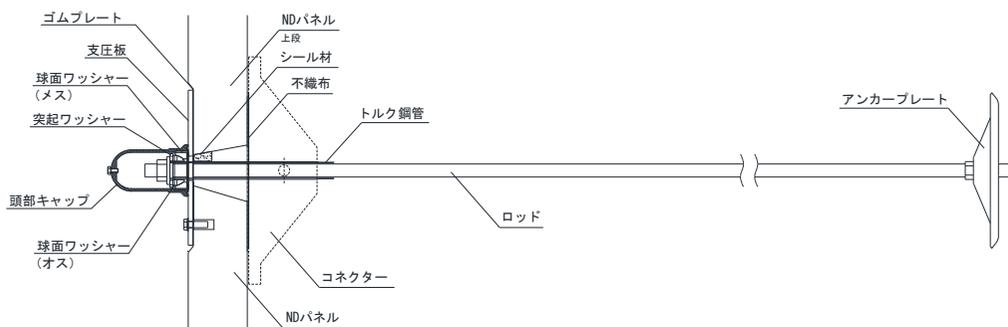
Point④ 「メンテナンスサポート」

NDパネルの適用によって多数アンカーのメンテナンス品質が向上



Point① 「連結構造」

■ 従来工法との構造形式の比較

名称	従来型多数アンカー	NDパネル
概要図		
外観と連結部		
特徴	<ul style="list-style-type: none"> コネクターで壁面材の裏側と補強材を連結する構造 ターンバックルを締めることで壁面調整が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 補強材を突出させ診断が容易 トルク鋼管を締めることで背面側から壁面調整が可能

Point② 「診断作業」

■ 従来工法との診断作業の比較

名称	従来型多数アンカー	NDパネル
診断の工程	 <p>①壁面材の斫り工 → ②補強材の診断 → ③壁面材の修復・養生</p>	 <p>①頭部キャップの取外し → ②補強材の診断 → ③頭部キャップの取付け</p>
日数	約3日／補強材2本当たり	約0.5日／補強材2本当たり
診断の方法	<ul style="list-style-type: none"> 目視による確認 引抜き試験 	<ul style="list-style-type: none"> 超音波探傷 リフトオフ試験
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 補強土壁の一部を破壊するため慎重な作業が求められる 必要な機材が多く、壁面前面に作業スペースを要する 壁面材の修復や廃棄物の処理が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 熟練な技術を必要とせず、安全に作業ができる 壁面前面が狭隘な場所でも作業が可能 廃棄物や騒音、振動が発生しない

Point③ 「診断方法」

(1) 超音波探傷

■ 測定原理 (適用例：橋梁点検による鋼材の診断等)

- ・ 高周波数の弾性波を使用し，鋼材の亀裂等を高精度に検知する技術
- ・ 探触子を補強材に当てることで，**損傷・破断・補強材端部**の位置のエコー値が高く表示
→補強材長は既知のため，損傷の有無の判別が可能

■ 測定手順

- ①測定面の研磨， ②探触子の接触， ③観測波形の保存

■ 使用機材

- ・ 汎用の超音波探傷器， 超音波垂直探触子（5MHz）

■ 適用範囲

- ・ 損傷深さ：補強材の**断面欠損率3%以上**で検知可能
(補強材長さ：約4mまでの範囲が検知可能)



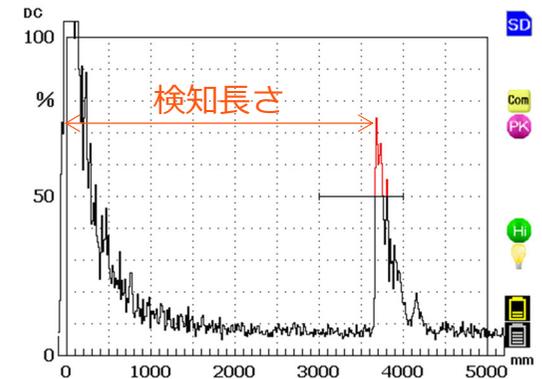
超音波探傷の例
(橋梁点検)



測定状況 (NDパネル)



測定面の研磨



観測波形例 (補強材端部を検知)

Point③ 「診断方法」

(2) リフトオフ試験

■ 測定原理 (適用例：グラウンドアンカーの維持管理方法)

- 補強材を引張荷重した際の荷重変位関係から**現時点の残存緊張力** (リフトオフ荷重) を測定する方法
- 過緊張等, 補強材の健全性の判定が可能

■ 試験条件

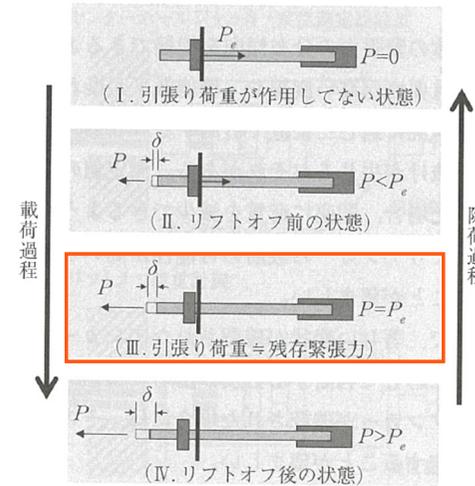
- 1kN毎の段階荷重, 10秒間の荷重保持
- リフトオフ荷重の確認又は突起ワッシャーが弛んだ時点で除荷し試験終了

■ 使用機材

- 油圧ジャッキ, 荷重計, 変位計, カプラー, PC鋼棒, ラムチェア等

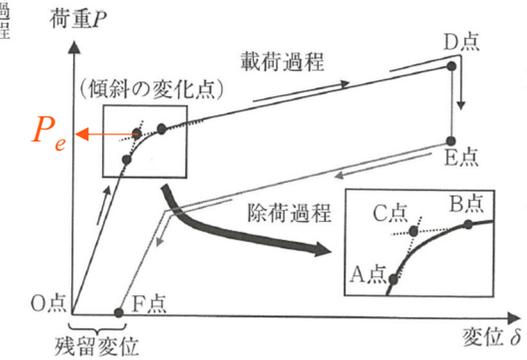
■ 適用範囲

- NDパネルに適用された補強材



P : 油圧ジャッキ荷重, P_e : 残存緊張力
 δ : アンカー頭部の変位

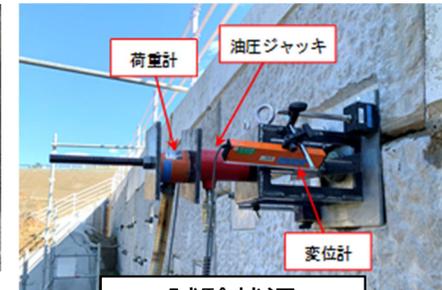
リフトオフ荷重の定義



リフトオフ試験による荷重変位曲線

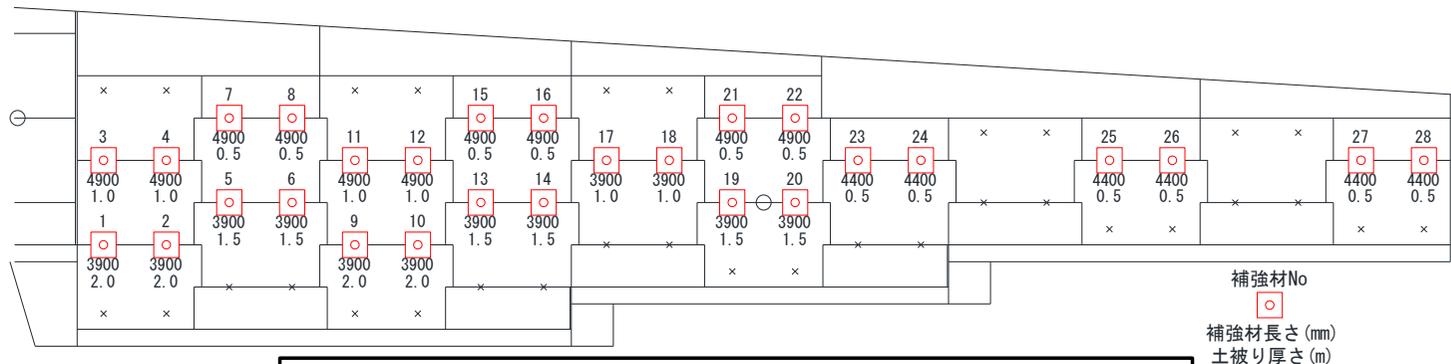


突起ワッシャー



試験状況

■ NDパネルの適用および診断を実施した事例について紹介



対象とした補強材の位置と補強材長さ（正面図）

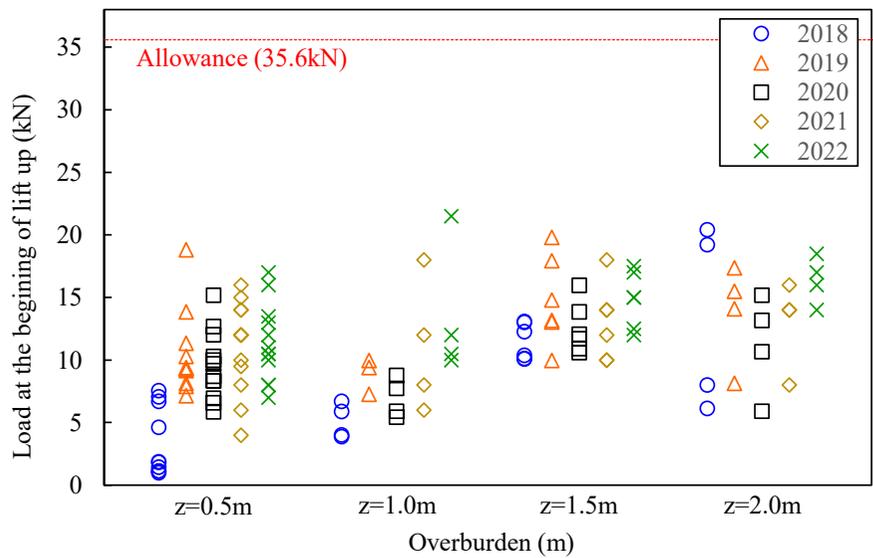
- ・ 高速自動車国道のランプ区間に適用
- ・ 延長16.5m，壁面高さ1.5～3.0m，嵩上げ盛土高さ約7m
- ・ NDパネル用補強材28本を設置
- ・ 2018年～2022年まで年間1回の頻度で**試験的に計測を実施**



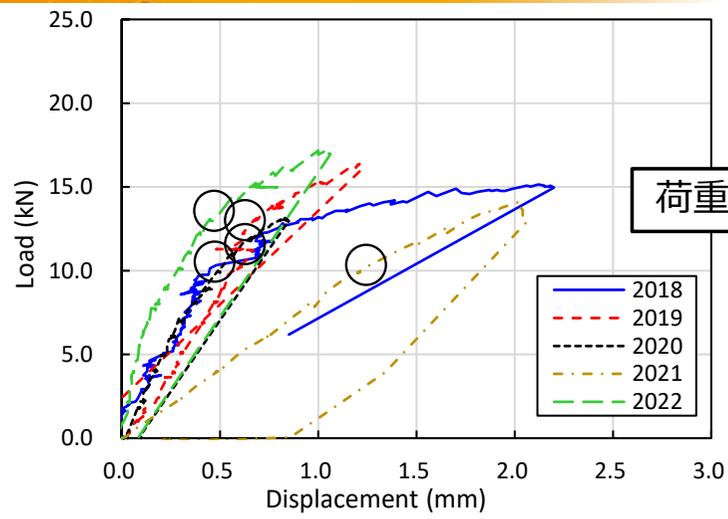
施工中写真

適用事例 - 診断結果

リフトオフ試験結果

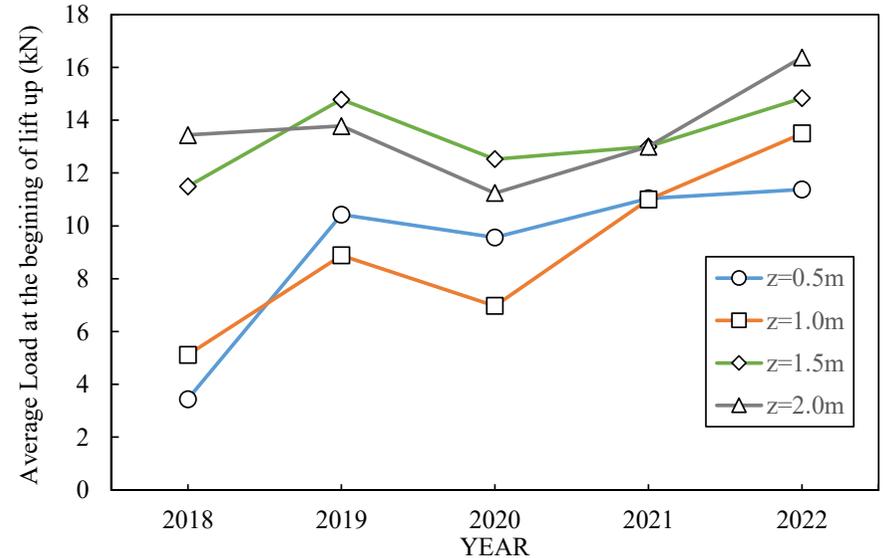


各補強材のリフトオフ荷重と土被り厚さ



荷重変位曲線 (代表箇所)

○ : リフトオフ荷重



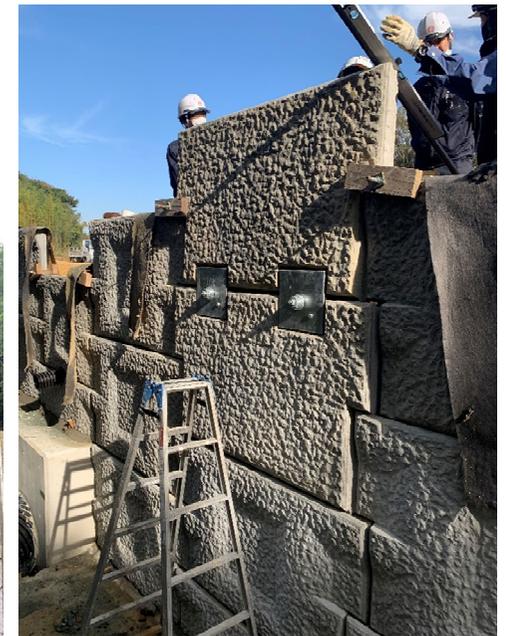
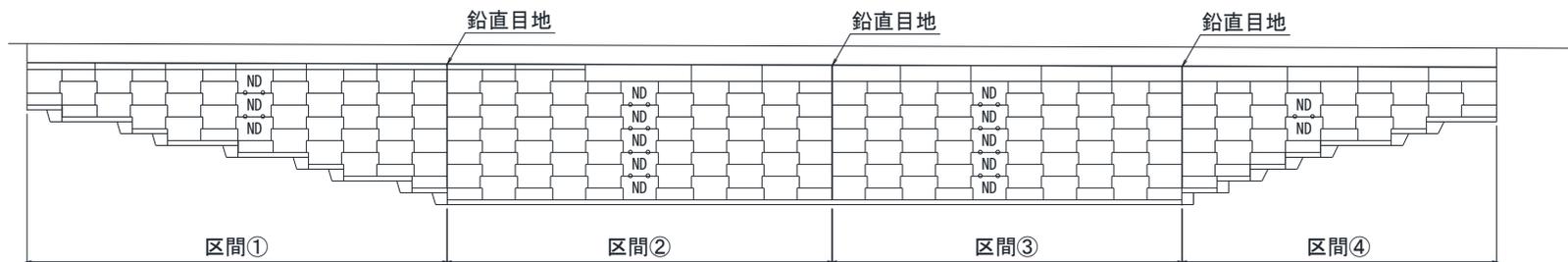
リフトオフ荷重の平均値と経年推移

<考察>

- 補強材の土被り厚さや経年的な盛土の圧縮沈下に応じて張力の増加を確認した
- 全ての補強材において鋼材の許容引張力 (35.6kN) を下回ることを確認した

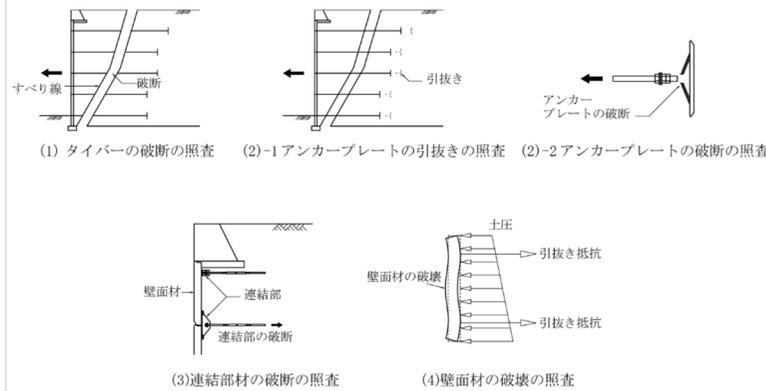
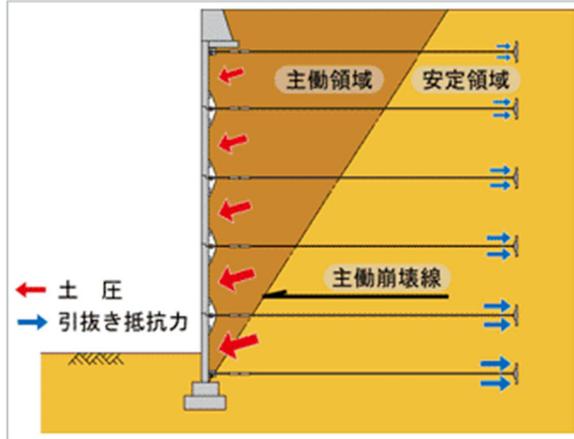
■ 適用イメージ

- ・ 約10～20mの鉛直目地間に1箇所又は1列程度の適用が望ましい
- ・ 変状時や災害後などに補強材の診断を実施し，区間ごとの健全性の判定が可能

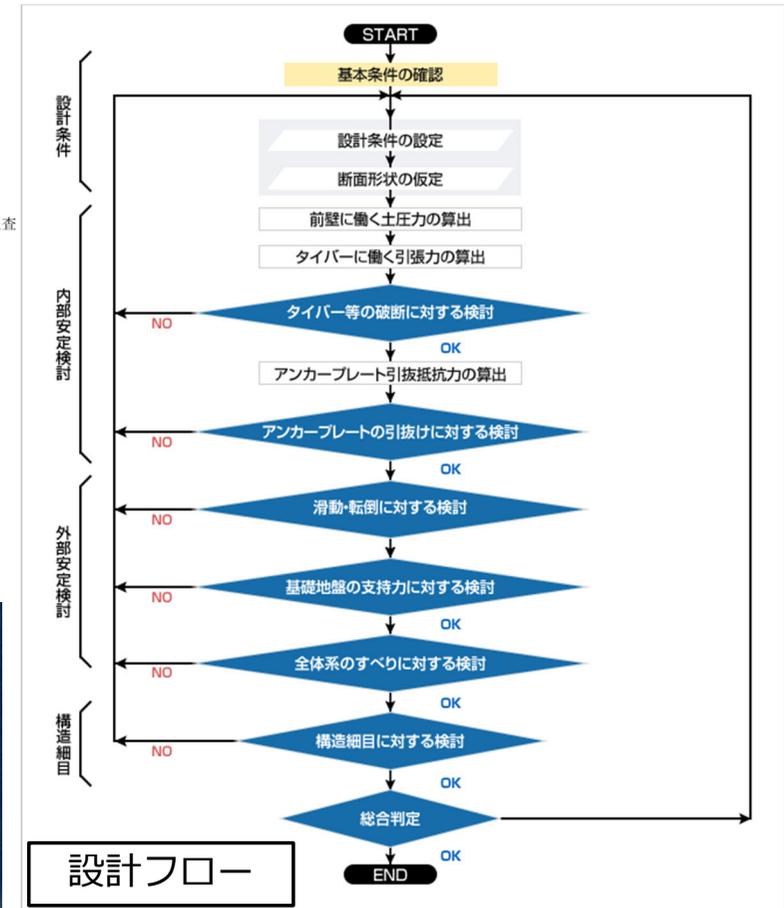
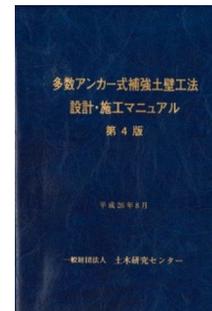
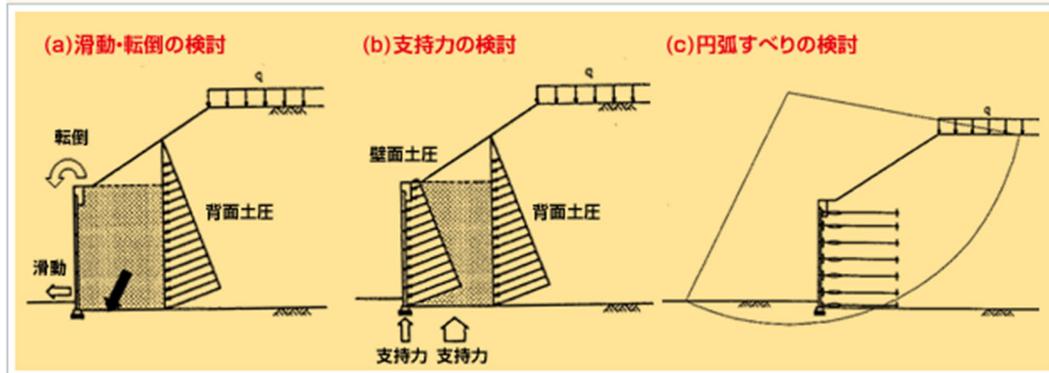


■ 多数アンカー式補強土壁工法 設計・施工マニュアル第4版（土木研究センター）に準拠

(1) 内的安定検討



(2) 外的安定検討



■ 多数アンカー式補強土壁工法施工手順



1 基礎

厚さ20センチ、幅40センチが標準となる布状コンクリートを打設し多数アンカーの基礎としますが、原地盤の状況にかかわらず仕上げ面が水平となるよう注意する必要があります。また、壁面合わせのための墨出しを行います。



2 壁面材設置

墨出しにあわせてコンクリート壁面材を設置します。高さ方向の調整は中途の段ではできないため最下団のブロックの設置が全体の仕上がりに影響することに留意。基礎と壁面材の間をモルタルで微調整しながら鉛直になるよう設置します。



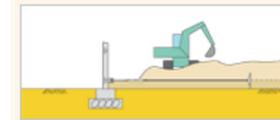
3 タイバー、アンカープレート取付

地盤を平らに盛り、壁面材とタイバーを接続。タイバーは水平かつ壁面材に対して鉛直に設置します。ターンバックルは、設置後の調整を見据えて予備しろを確保しておきます。アンカープレートをタイバーと正確に直行するよう緊結し、地中に半分埋め込まれた状態にします。



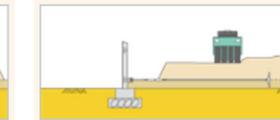
4 土の巻き出し

巻き出しは壁面側からアンカープレート側に向けて行います。重機は壁面から1m以上離れて、壁面と並行に進めます。タイバーやアンカープレートが作業中に動かないよう留意します。



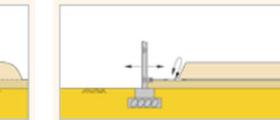
5 転圧

盛土材の締め固めは多数アンカーの性能に直結するため入念に行います。アンカープレート付近は特に入念に転圧します。



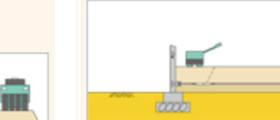
6 壁面調整

壁面材が垂直になるようターンバックルで調整します。その際は必ず二箇所以上のターンバックルを同時に動かします。



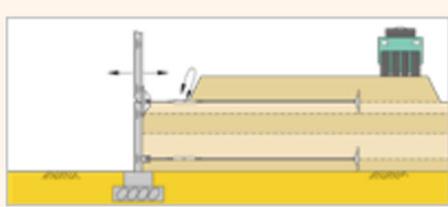
7 転圧(前)

壁面直後の埋め戻し材は、排水性を目的に良質土を使用し、転圧はハンドルガイド式振動ローラーなどで慎重に行います。




8 繰り返し

以後2~7の工程の繰り返しによって作業を進めていきます。



■ NDパネル組み立て手順



① 下側壁面材の設置



② 診断用補強材設置位置の撒き出し、敷均し、締固め



③ 支圧板類を壁面材前面に取付け
④ トルク鋼管類を支圧板に取付け



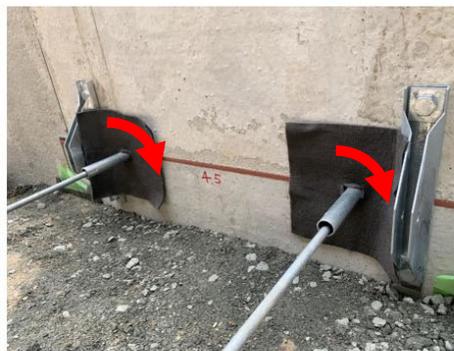
⑤ 診断用補強材（ロッド）の設置、仮締め



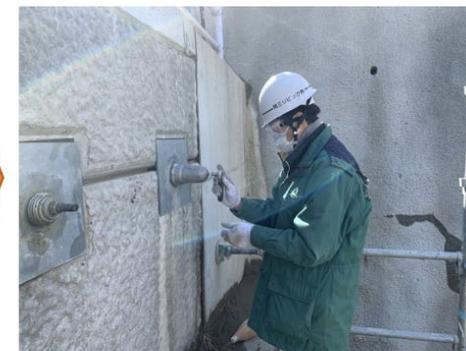
⑥ アンカープレート、コネクター、シール材の取付け



⑦ 上側壁面材の設置、固定
⑧ 撒き出し、敷均し、締固め

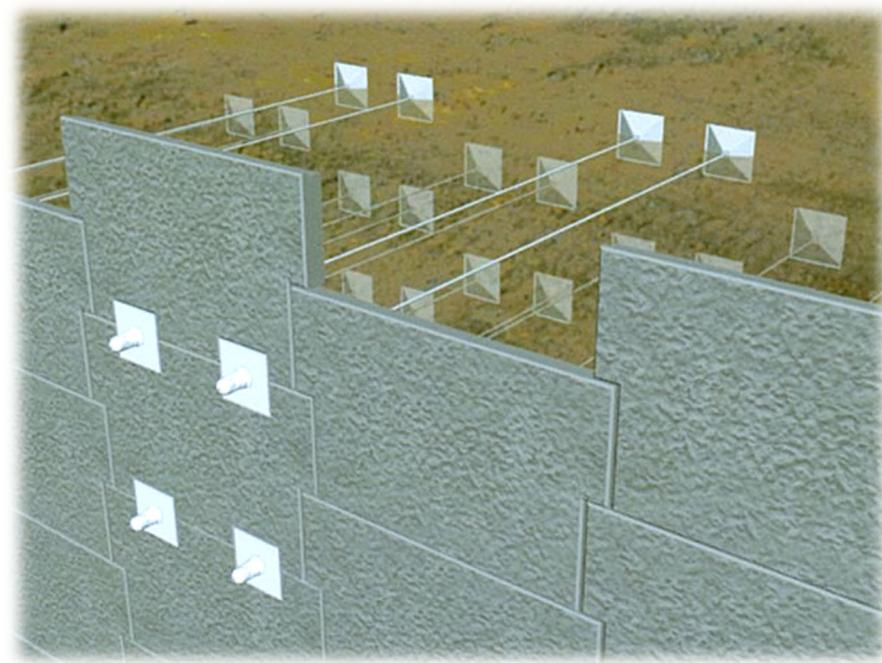


⑨ トルク鋼管の本締め
⑩ 壁面際の充填（以降通常施工と同様）



（施工後）頭部キャップ取付け
（防錆剤を含む）

「NDパネル」は「リアル」な
補強材の診断を可能とした
補強土壁のアップデート版です！！



ご清聴ありがとうございました

日本の土台を新しく。



岡三リビック株式会社