

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12回出展技術発表会」

■ 補強土壁を取り巻く最近の状況

- ・ 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
 - (1) 道路土工構造物技術基準
 - (2) 道路土工構造物点検要領
- ・ 補強土壁における点検項目

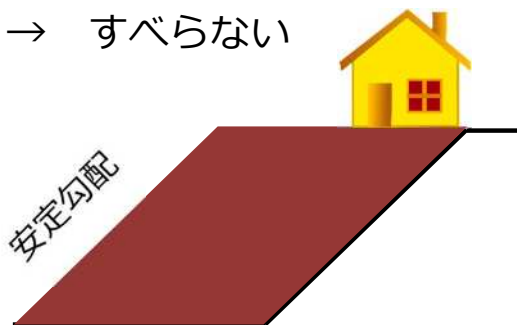
■ 診断対応型多数アンカー式補強土壁「NDパネル」

- ・ 「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
- ・ 新たな取り組み

補強土の原理と分類

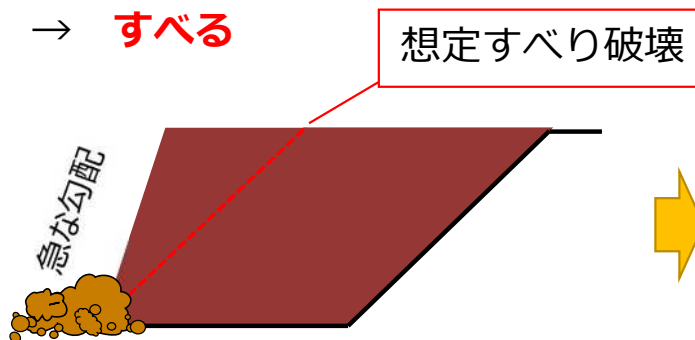
安定勾配の盛土

→ すべらない



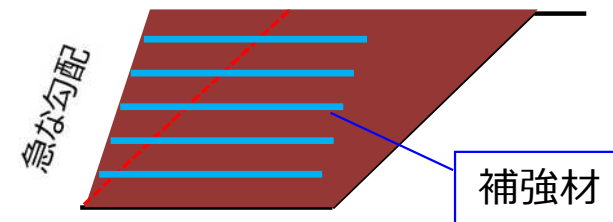
安定勾配より急な勾配の盛土

→ **すべる**

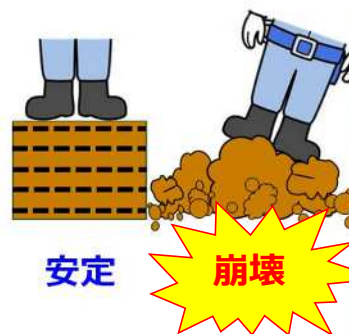
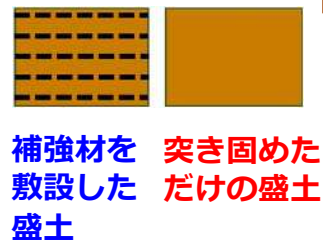


補強材を敷設した急勾配の盛土

→ すべらない

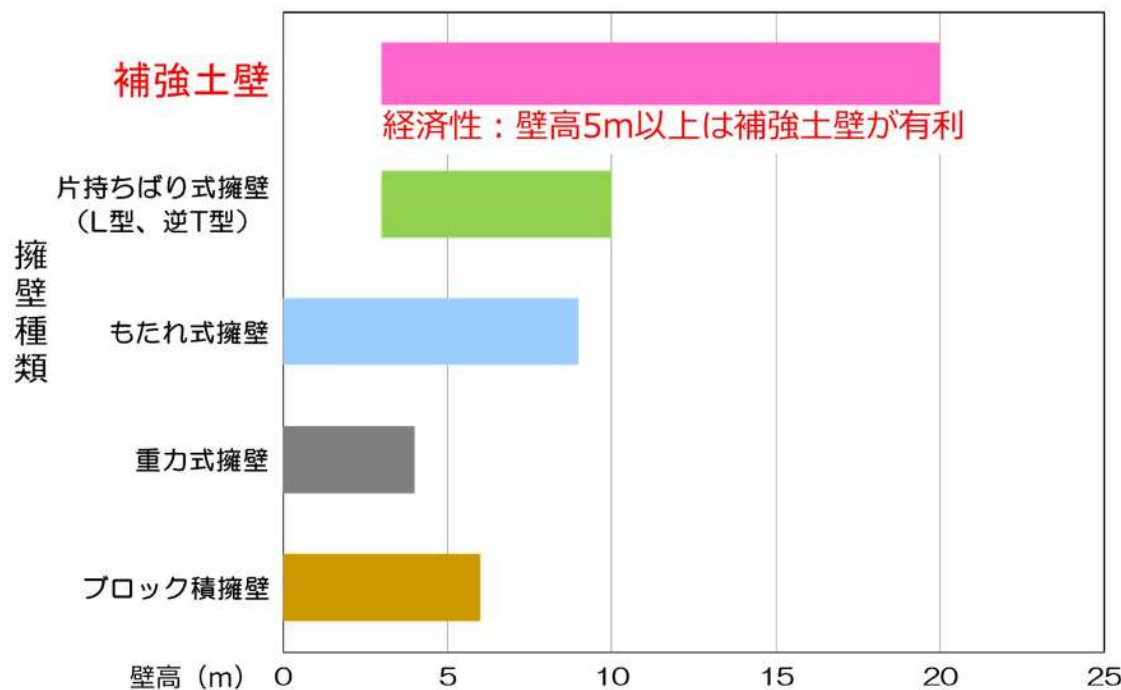
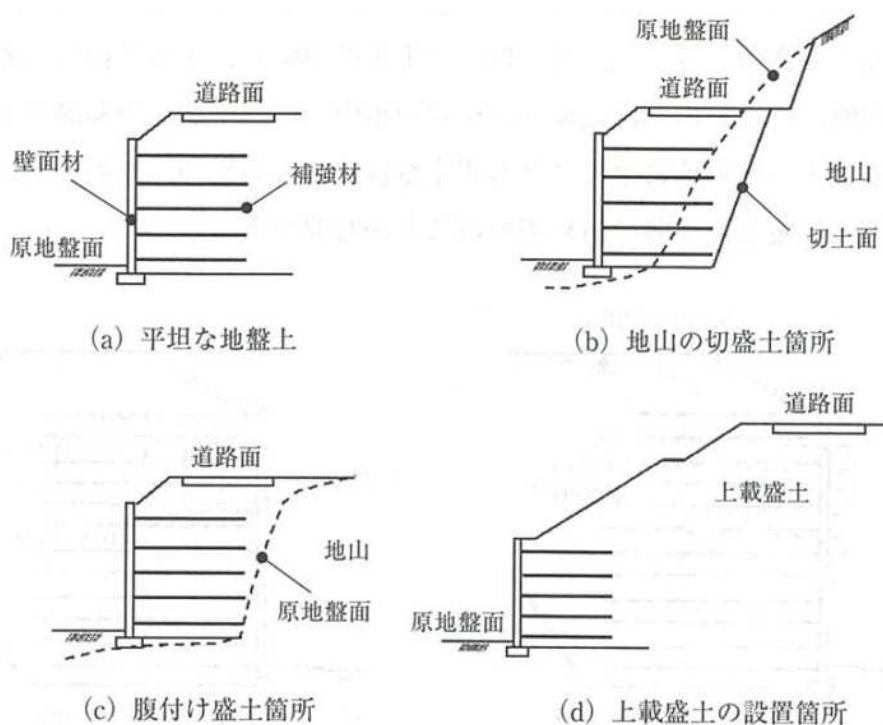


すべろうとする力を **補強材** の敷設で抑止



補強土壁の適用範囲

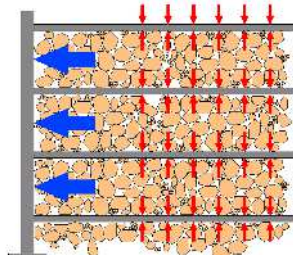
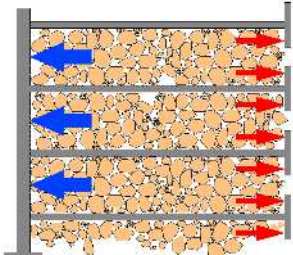
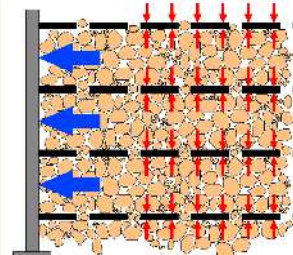
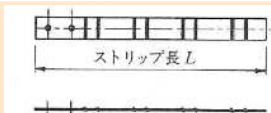
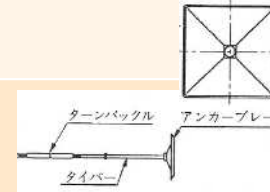

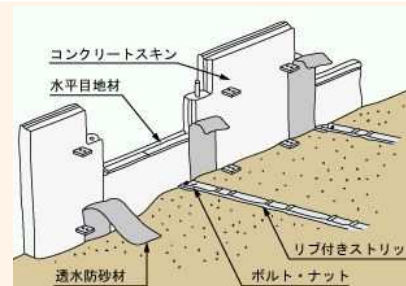
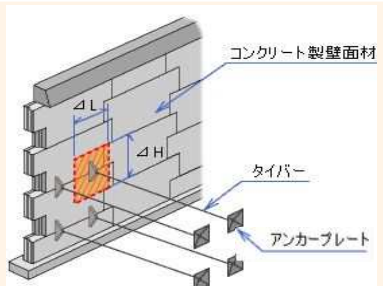
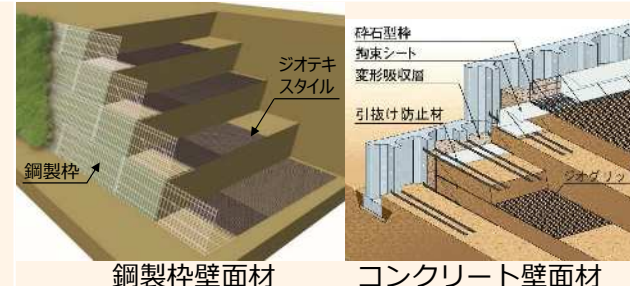
- 補強土壁は、大きな用地や費用を必要とせずに**比較的高い壁高の土構造物**の構築が可能である
- コンクリート擁壁に比べて、道路用地に制約がある場所など厳しい条件の箇所で適用されることが多い



出典：日本道路協会，道路土工擁壁工指針，2012

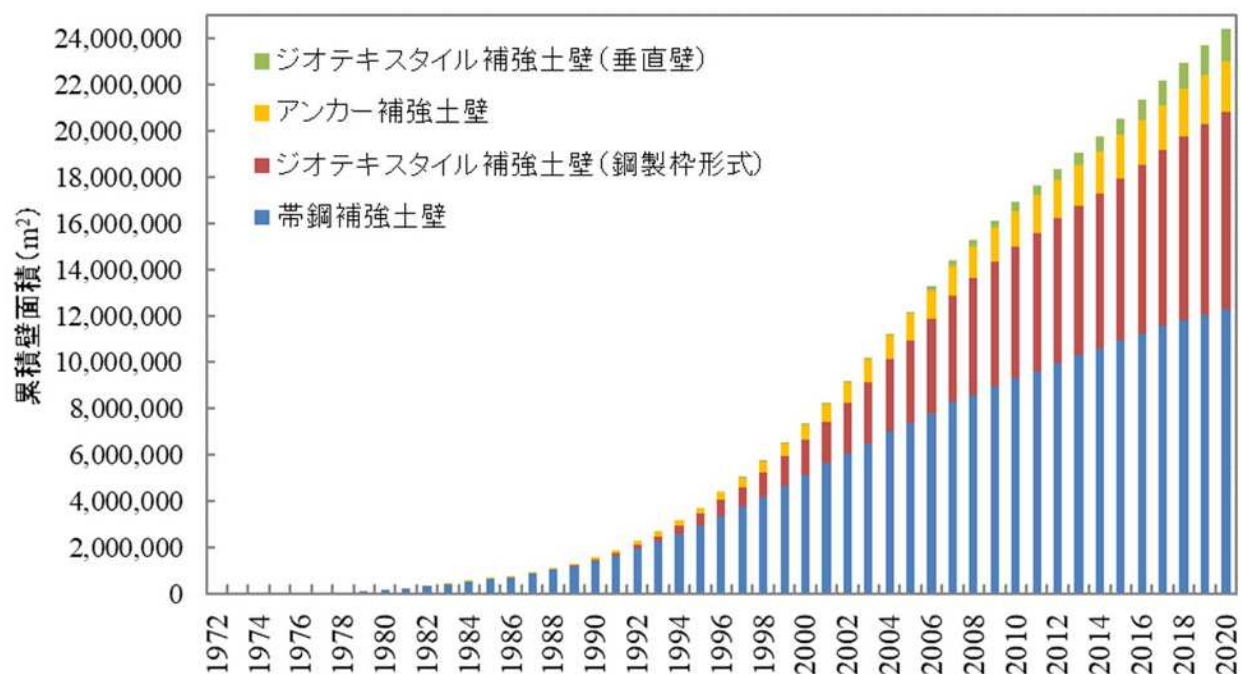
補強土壁の種類

■ 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 | テナー, アダム, トリグリッド, アダムウォール |
| 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 |  |  |  |

施工実績の推移

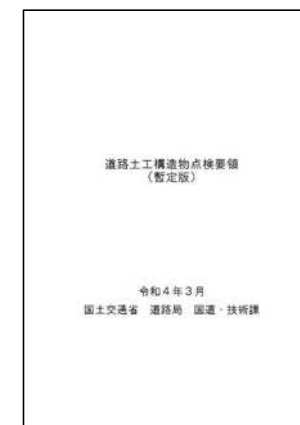
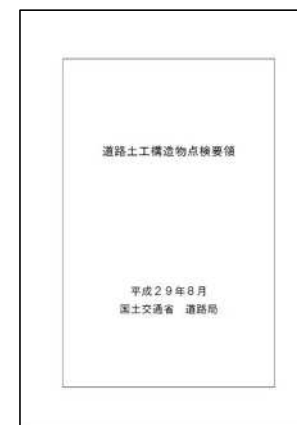
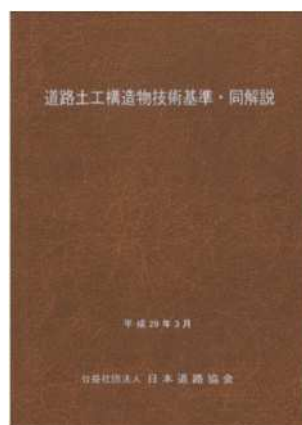
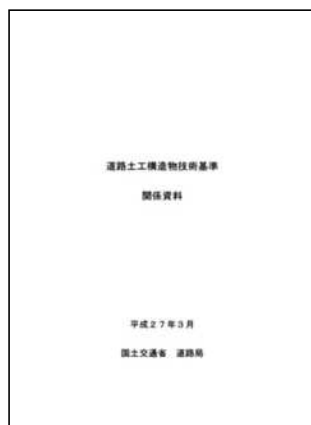
- 国内では1972年に帯鋼補強土壁が初採用され、これまでさまざまな工法により普及が進んできた
- アンカー補強土壁は1983年に**日本で開発された構造形式**である



近年では年間50万～60万m²の補強土壁が構築されており、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
 - 2022年3月（令和4年）：「道路土工構造物点検要領（暫定版）」の試行（改定予定）
- 補強土壁に性能設計が導入
- 点検方法の確立



道路土工構造物点検要領

1. 適用の範囲

本要領は、道路法上の道路における道路土工構造物のうち、すでに点検要領が策定されている
シェッド、大型カルバート等を除くものの点検に適用

- 自然斜面は、道路土工構造物でないことから本要領の対象外とし、事前通行規制や「道路防災総点検」(平成8年)等の既存の取組み方法を引き続き活用

| | | | | |
|---------|---|---|--|--|
| 道路土工構造物 | <切土・斜面安定施設> | | | 【H26.6策定済】 シェッド・大型カルバート |
| | 切土  切土 (のり面保護) | 斜面安定施設  擁壁 | のり枠  のり枠 | ロックシェッド  ロックシェッド |
| | <盛土> | <カルバート> | | |
| | 盛土  盛土 | 盛土 (補強土壁)  盛土 (補強土壁) | ボックスカルバート  ボックスカルバート | 大型ボックスカルバート  大型ボックスカルバート |

2. 点検の目的

道路土工構造物の安全性の向上及び効率的な維持修繕を図るため、道路土工構造物の変状を把握するとともに、措置の必要性の判断を行うことを目的

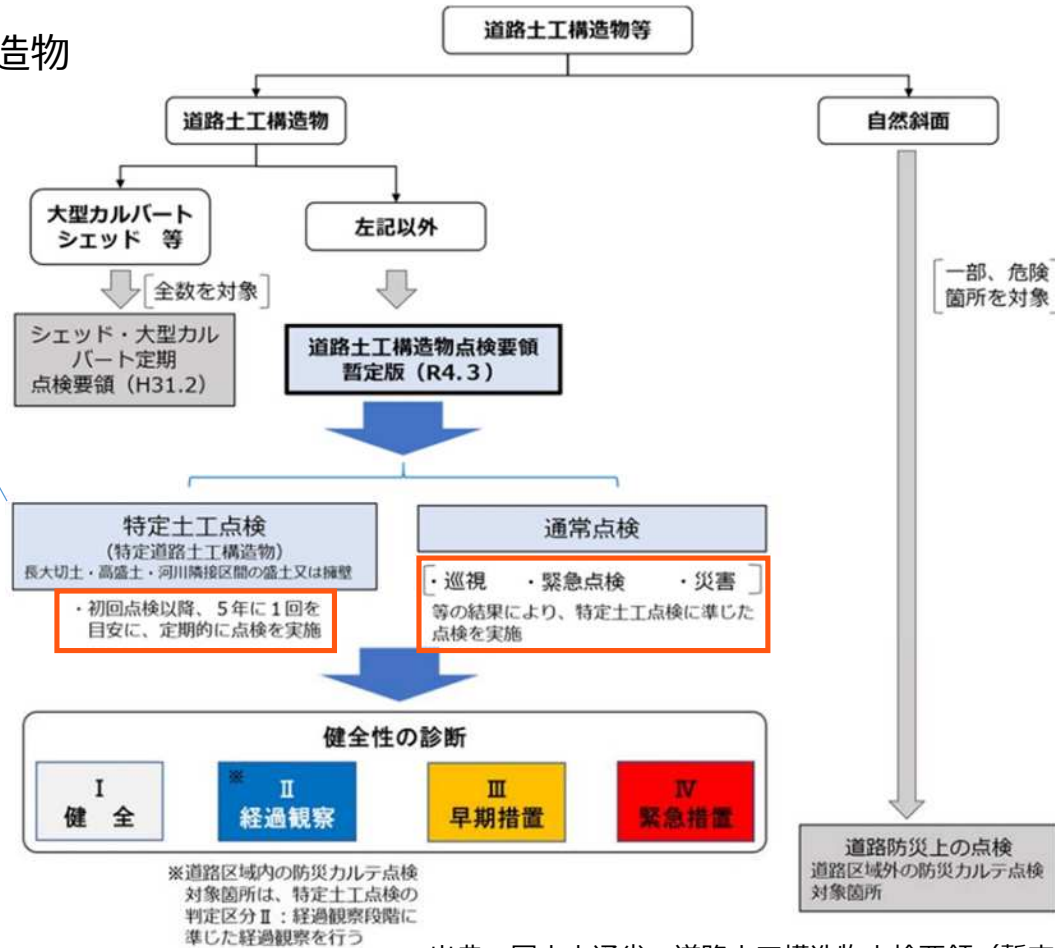
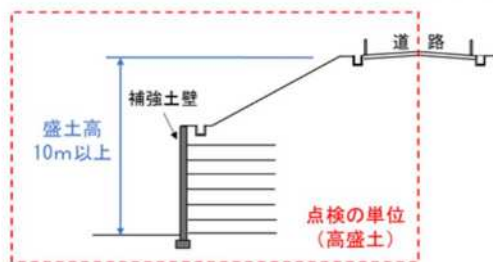
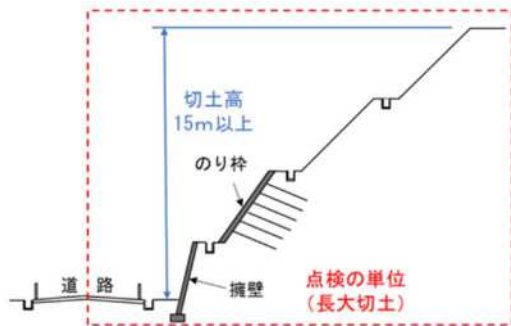
出典：国土交通省資料に加筆

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>

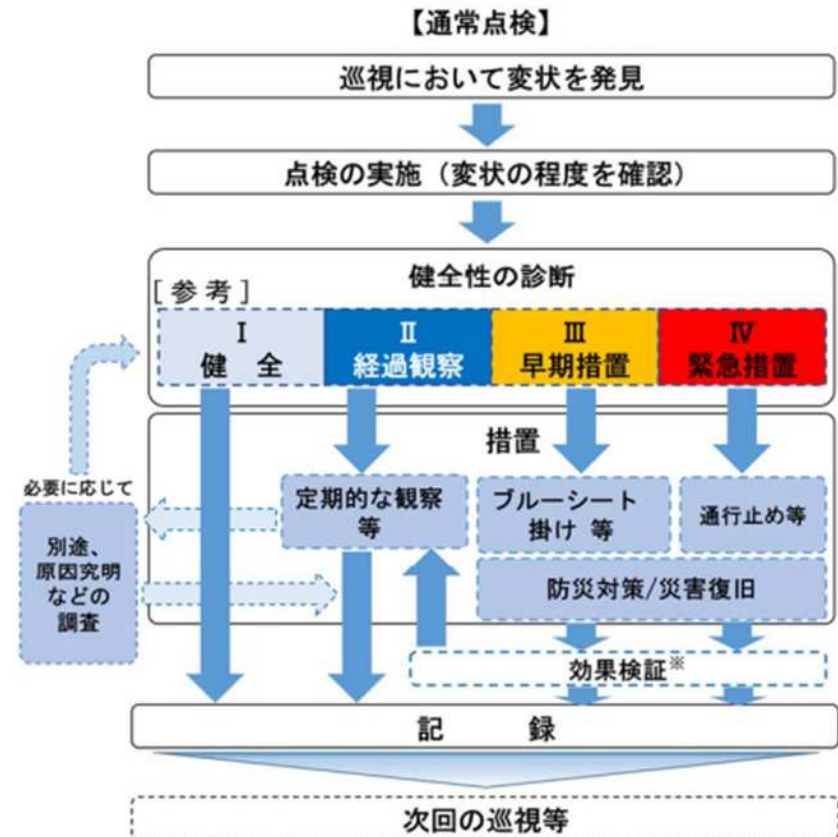
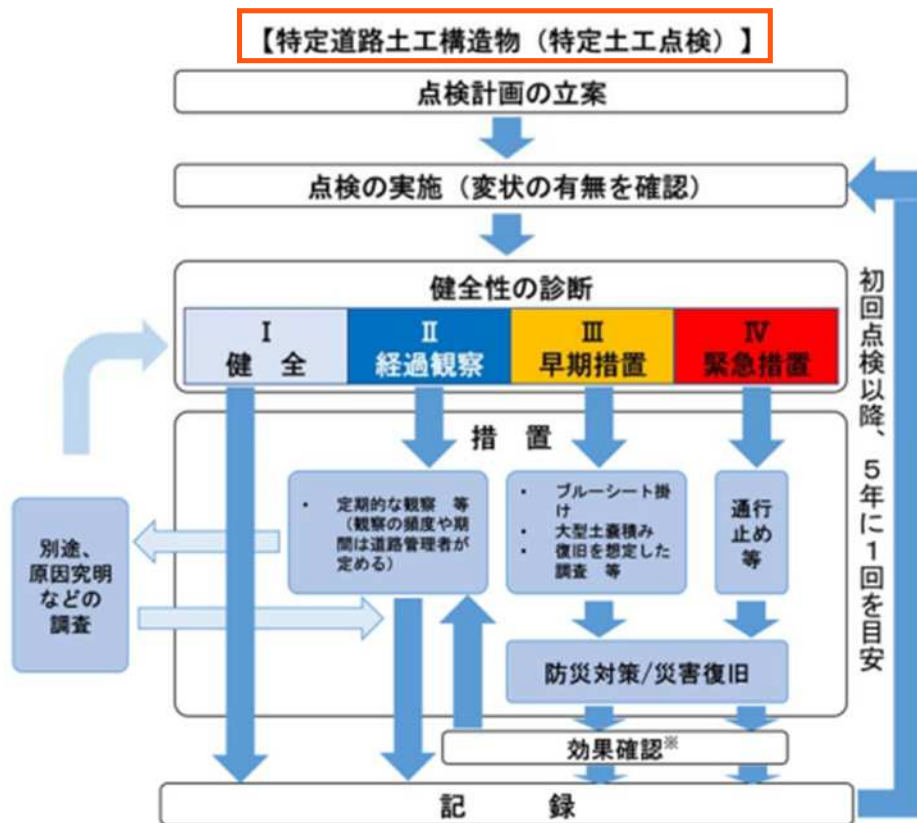
- ・長大切土（約15m以上）
- ・高盛土（約10m以上）
- ・河川隣接区間の盛土又は擁壁



出典：国土交通省，道路土工構造物点検要領（暫定版），2022.3 に加筆

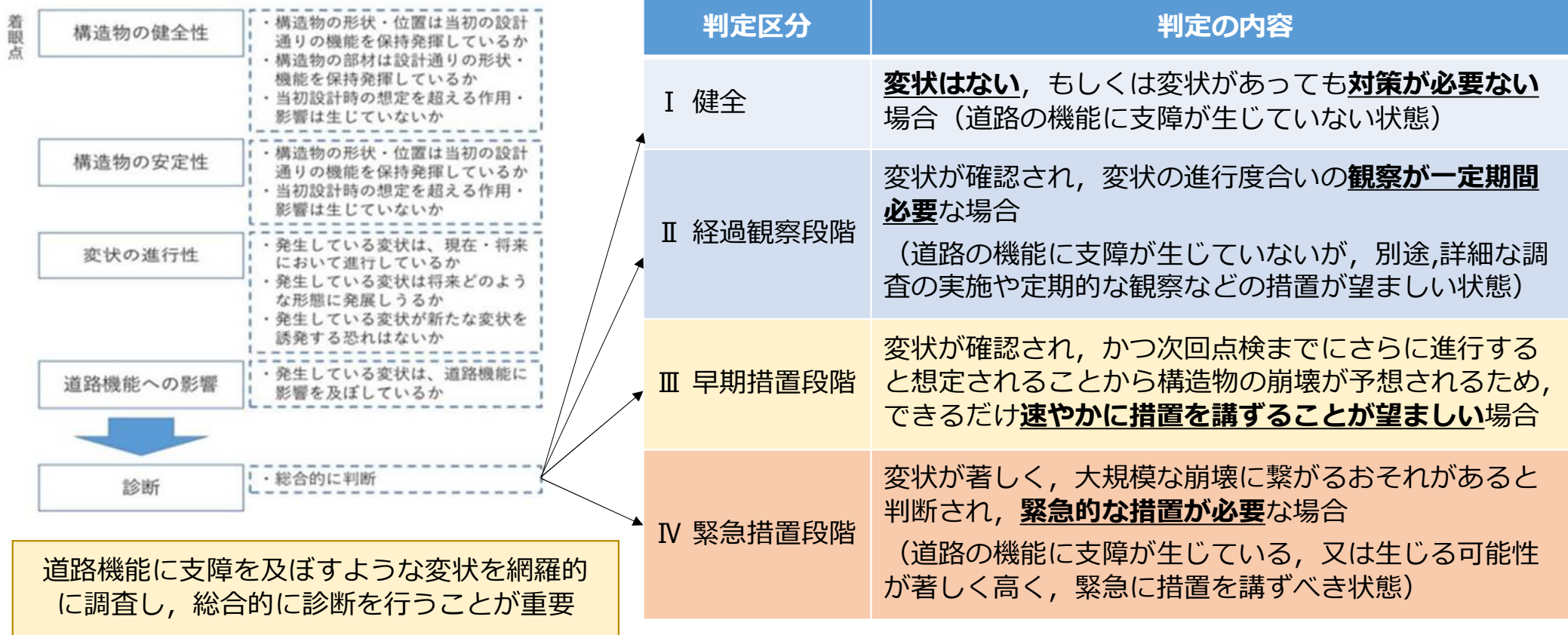
道路土工構造物点検要領

■ 点検の手順および診断・措置の実施例



出典：国土交通省，道路土工構造物点検要領（暫定版），2022.3（に加筆）

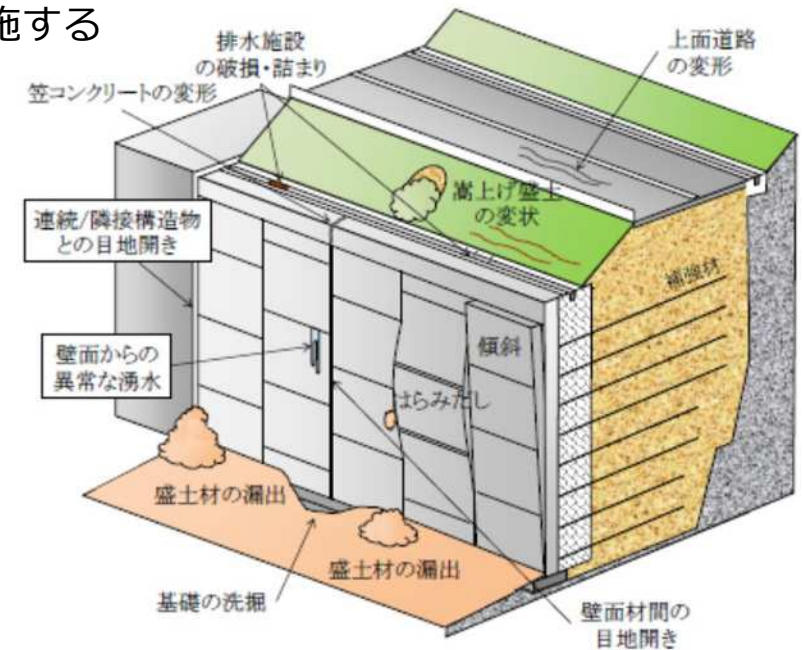
■ 健全性の診断による判定区分と診断の着眼点



補強土壁における点検項目

- 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

■ 補強土壁を取り巻く最近の状況

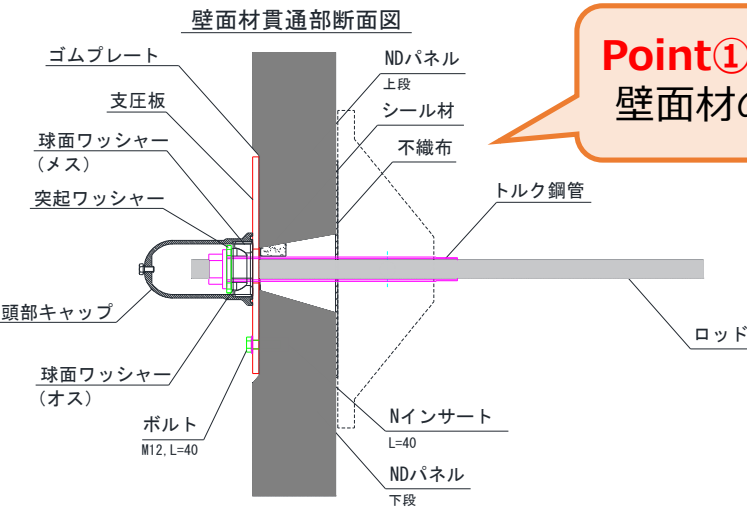
- ・ 補強土の原理と分類
- ・ 補強土壁の種類
- ・ 補強土壁の適用範囲
- ・ 施工実績の推移
- ・ 補強土壁に関する基準類
 - (1) 道路土工構造物技術基準
 - (2) 道路土工構造物点検要領
- ・ 補強土壁における点検項目

■ 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
- ・ 新たな取り組み

「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

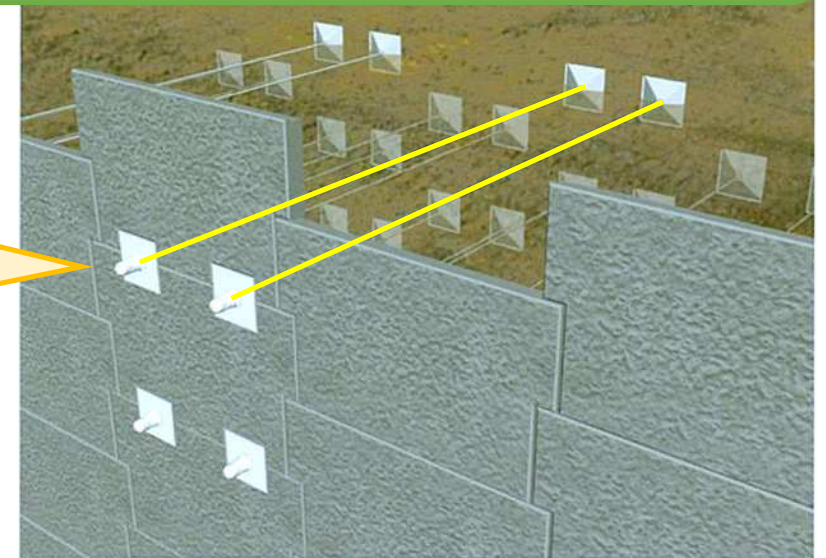


Point① 「連結構造」

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」

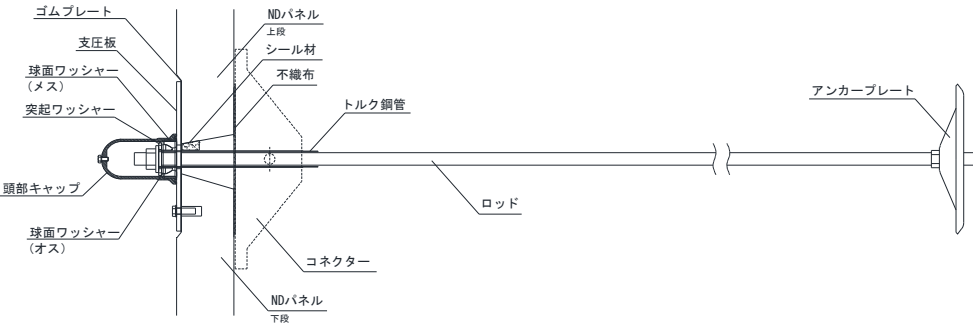
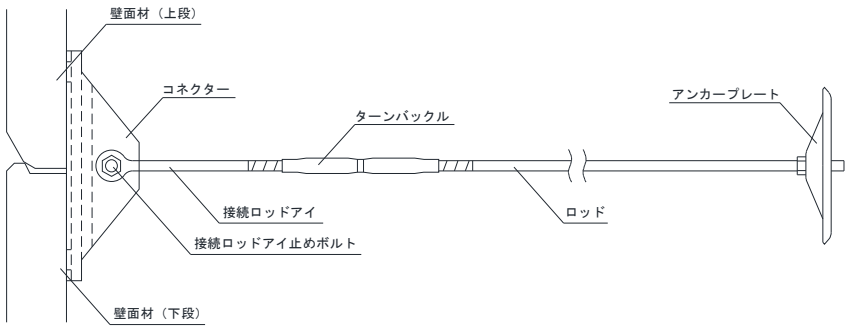


ダミー補強材を使用せず部材として機能した補強材の診断が可能

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 | NDパネル | 従来型多数アンカー |
|--------|--|--|
| 概要図 |  |  |
| 外観と連結部 |  |  |
| 特徴 | <ul style="list-style-type: none"> 部材数の増加により経済性は劣るが補強材の診断に特化 トルク鋼管を締めることで背面側から壁面調整が可能 | <ul style="list-style-type: none"> コネクターで壁面材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 |

Point② 「診断作業」

■ 従来工法との診断作業の比較

| 名称 | NDパネル | 従来型多数アンカー |
|-------|---|---|
| 診断の工程 |  |  |
| 日数 | 約0.5日／補強材2本当たり | 約3日／補強材2本当たり |
| 診断の方法 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 超音波探傷 ・ リフトオフ試験 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 目視による確認 ・ 引抜き試験 |
| 特徴 | <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 | <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 |

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

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



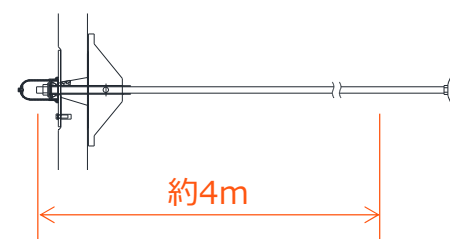
超音波探傷の例
(橋梁点検)



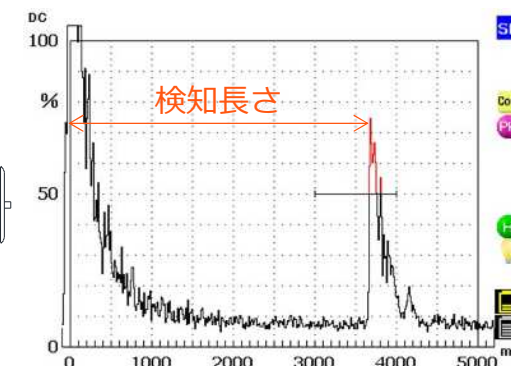
測定状況 (NDパネル)



測定面の研磨



検知可能範囲



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)

- 補強材を引張载荷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

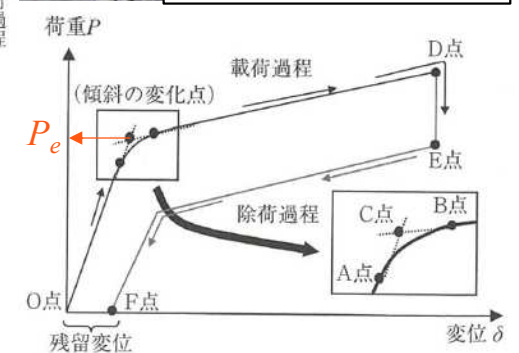
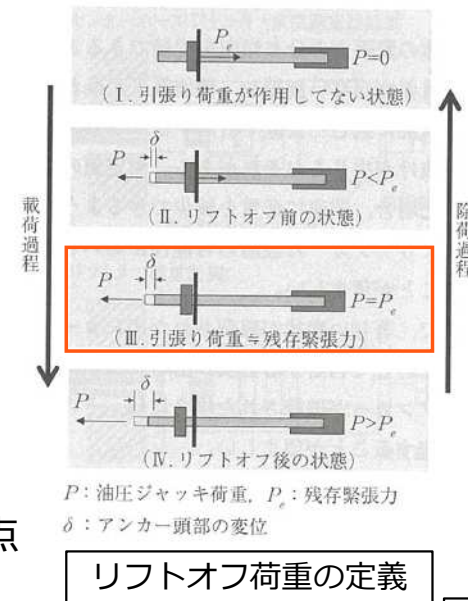
- 1kN毎の段階载荷, 10秒間の荷重保持
- リフトオフ荷重の確認又は突起ワッシャーが弛んだ時点で除荷し試験終了

■ 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 (補強材径M18までの適用を確認)



リフトオフ試験による荷重変位曲線



Point④ 「メンテナンスサポート」

■ NDパネルの適用により、メンテナンスサイクルの各フェーズをトータルサポート

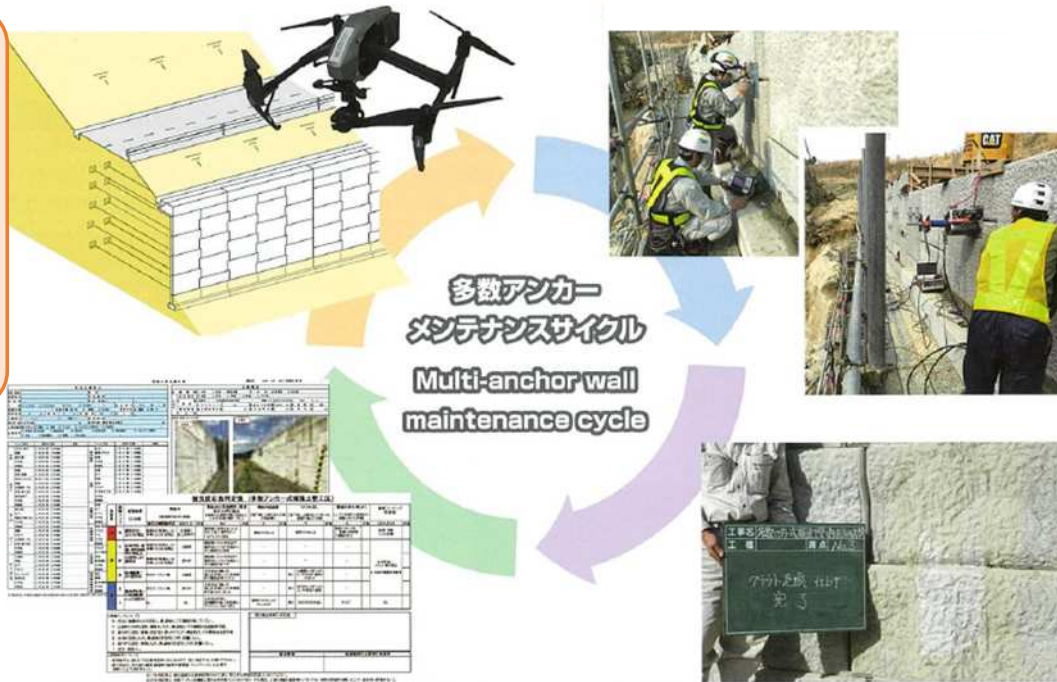
<点検>

定期的な近接目視による点検の実施を提案

UAVを使用して施工直後の壁面の位置座標を記録し、経年の変状を計測することも可能



UAVによる点検の適用事例



| 項目 | 内容 | 備考 |
|----|--------|------------|
| 1 | 点検日時 | 2023.05.10 |
| 2 | 点検箇所 | 北側壁面 |
| 3 | 点検内容 | 目視確認 |
| 4 | 異常有無 | なし |
| 5 | 異常箇所 | |
| 6 | 異常内容 | |
| 7 | 異常写真 | |
| 8 | 異常位置 | |
| 9 | 異常原因 | |
| 10 | 異常対策 | |
| 11 | 異常確認 | |
| 12 | 異常完了 | |
| 13 | 異常完了日時 | |
| 14 | 異常完了場所 | |
| 15 | 異常完了内容 | |
| 16 | 異常完了写真 | |
| 17 | 異常完了位置 | |
| 18 | 異常完了原因 | |
| 19 | 異常完了対策 | |
| 20 | 異常完了確認 | |
| 21 | 異常完了完了 | |

<診断>

NDパネルの適用によって、実際に機能している補強材の健全性を非破壊かつ短時間で診断が可能

診断結果の蓄積により外観の変状との関係性の把握が可能



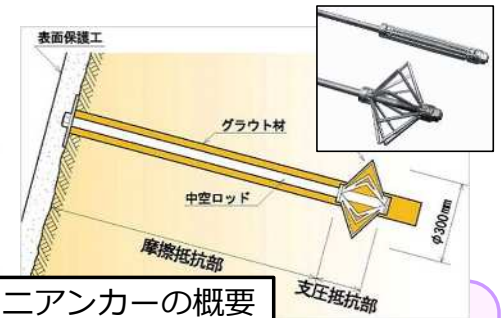
<記録>

点検者や補強土ごとに判定基準にばらつきが生じないように、判定方法や記録方法を統一して提案

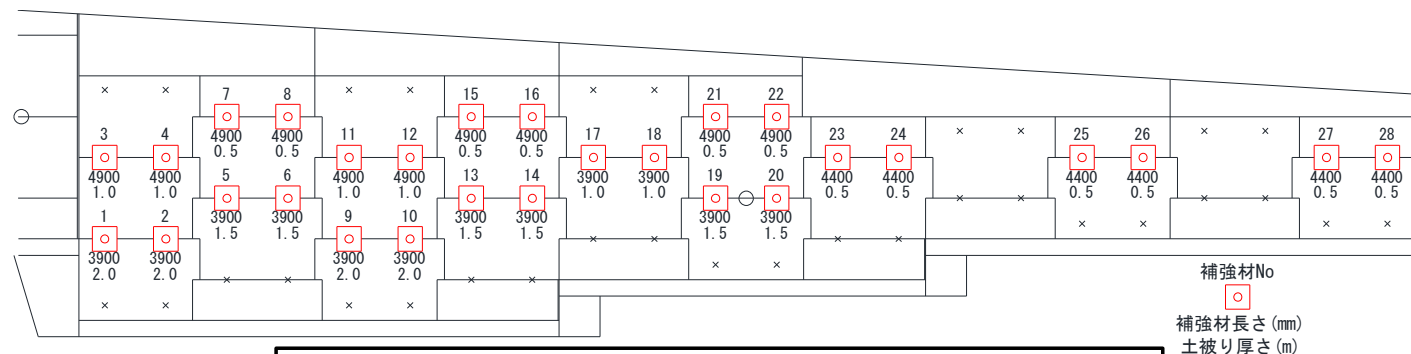
<措置>

盛土の安定性や補強材に異常が認められた場合、グラウンドアンカーやミニアンカーを補強材として増強することが可能

ミニアンカーの概要



■ 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）

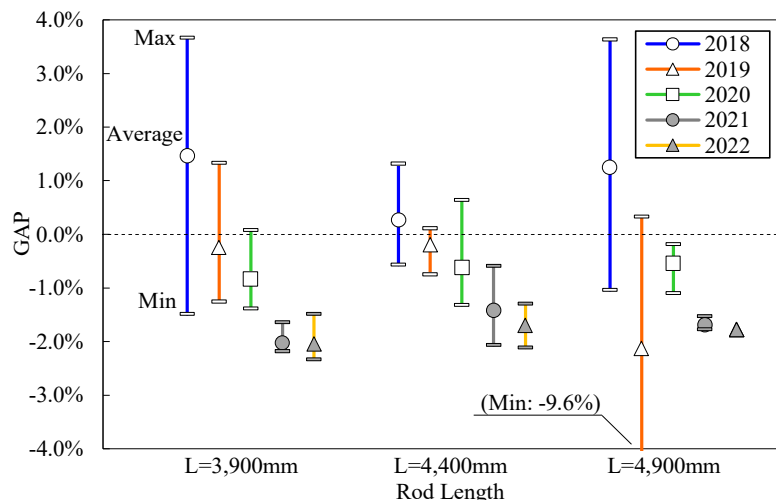
- 高速自動車国道のランプ区間に適用
- 延長16.5m, 壁面高さ1.5~3.0m, 嵩上げ盛土高さ約7m
- NDパネル用補強材28本を設置
- 2018年~2022年まで年間1回の頻度で**試験的に計測を実施**



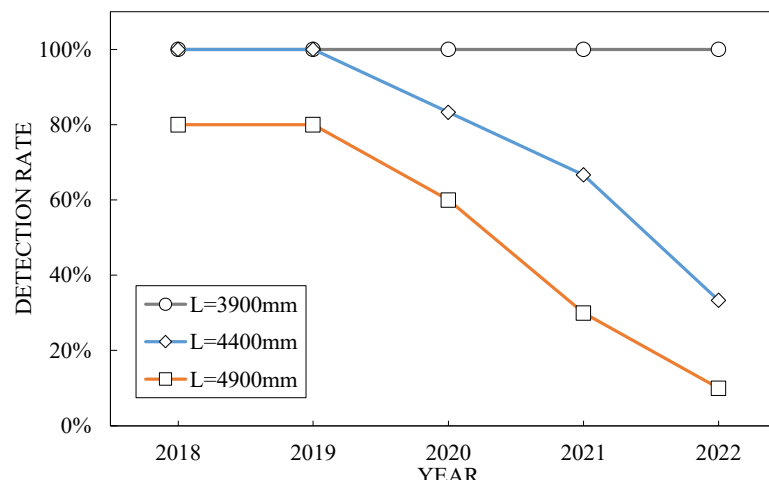
施工中写真

適用事例 – 診断結果

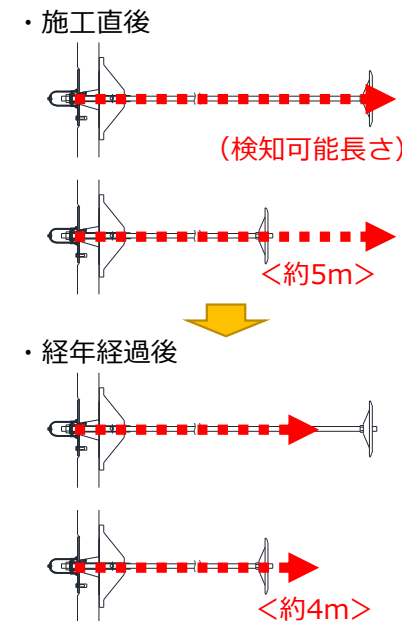
■ 超音波探傷計測結果



実長に対する検知位置比と経年推移



検知率と経年推移



<考察>

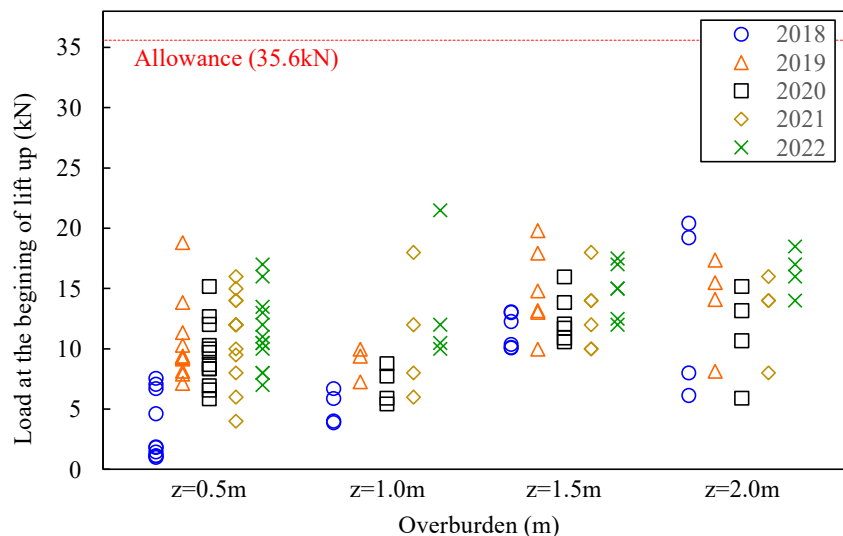
- ・ 既知の補強材長に対し概ね**±5%以内**の位置を捉えた
- ・ 2019年に9.6%短く検知したケースがあったが、翌年以降は検知しなかったため損傷ではないと考えられる
- ・ 経年的に短く検知した傾向にあるが、盛土の圧縮沈下等により**測定波の速度低下や減衰**が生じたと考えられる

<考察>

- ・ 施工直後は長い補強材でも80%以上の検知率であった
- ・ 4m以上の補強材では経年的に検知率が減少した一方、4m以下の補強材の検知率は**100%**であった
- ・ 測定波の減衰が生じたためと考えられ、**約4mまでの範囲で検知可能**なことが認められた

適用事例 – 診断結果

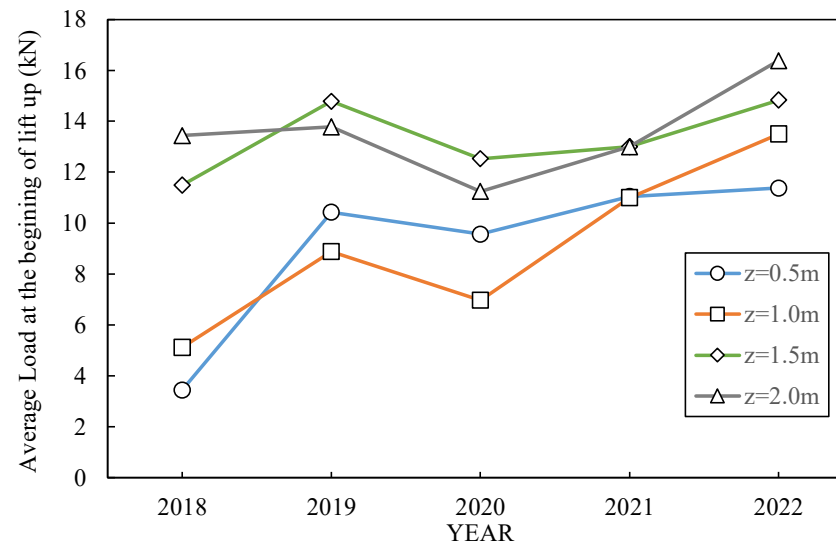
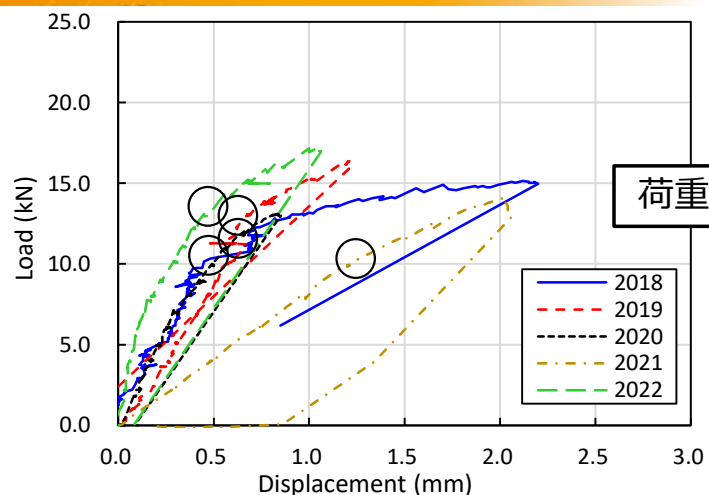
■ リフトオフ試験結果



各補強材のリフトオフ荷重と土被り厚さ

<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許容引張力 (35.6kN) を下回ることを確認した

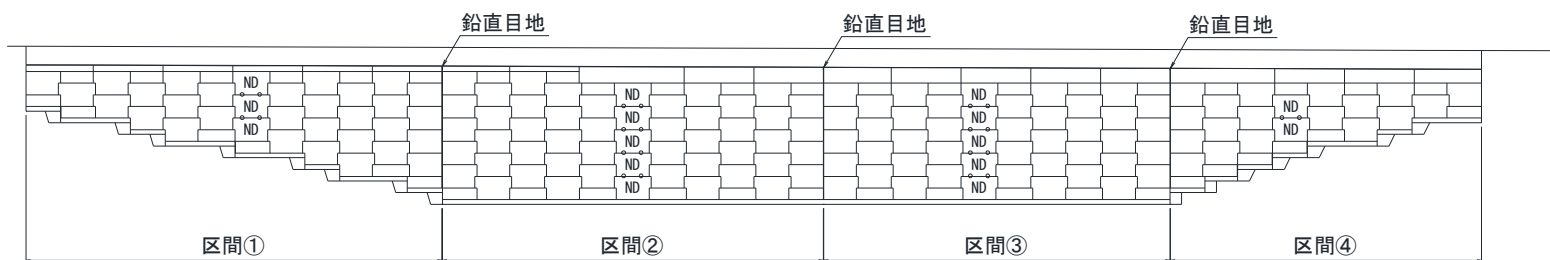


リフトオフ荷重の平均値と経年推移

適用事例

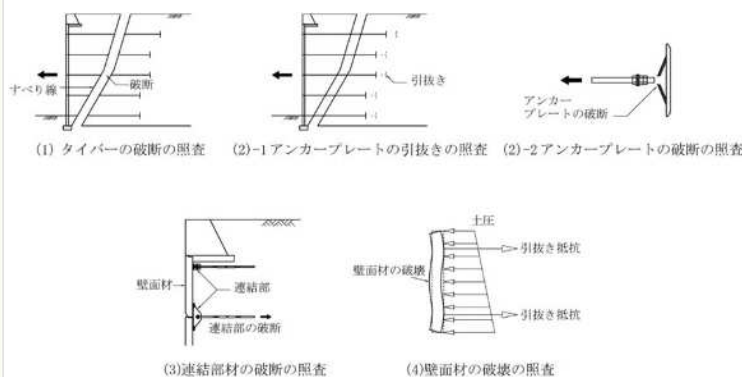
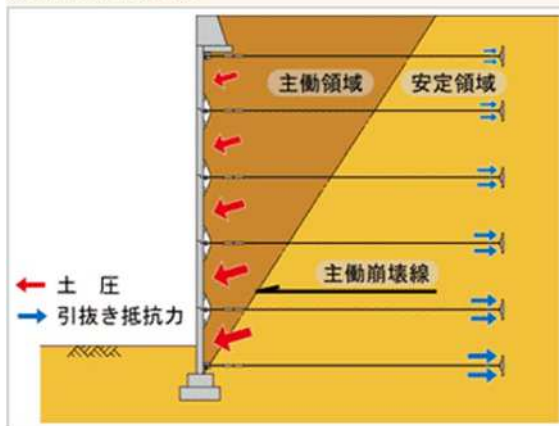
■ 適用イメージ

- ・ 約10~20mの鉛直目地に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

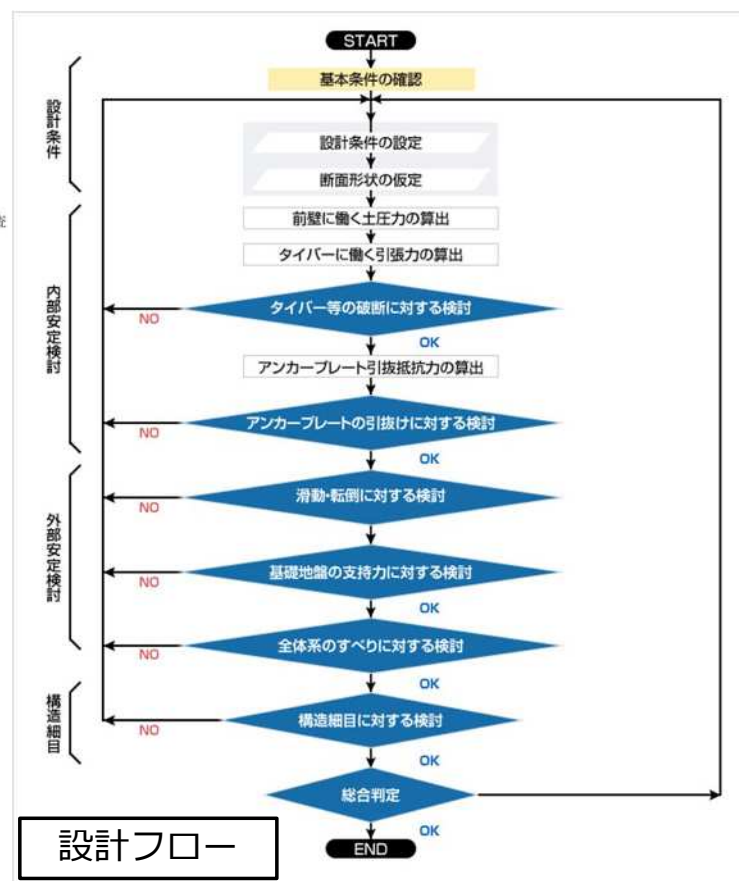
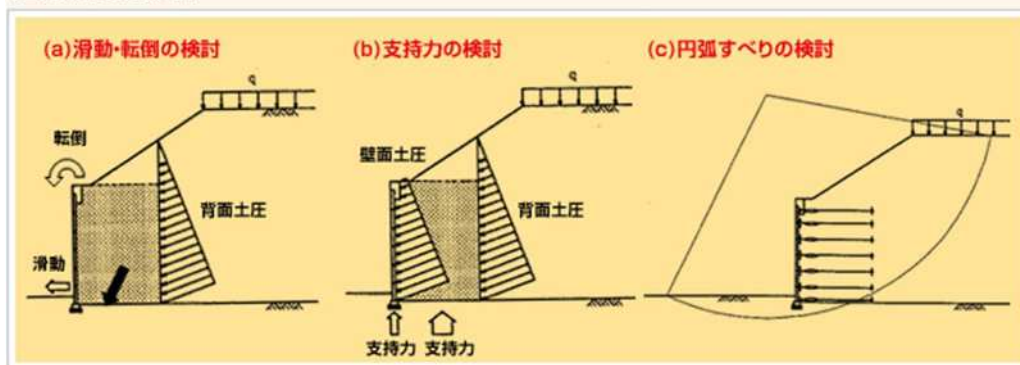


■ 多数アンカー式補強土壁工法 設計・施工マニュアル第4版（土木研究センター）に準拠

(1) 内的安定検討



(2) 外的安定検討



■ 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）

■ 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。アンカープレートは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。



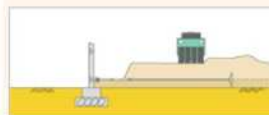
4 土の巻き出し

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。



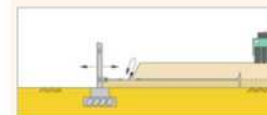
5 転圧

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。



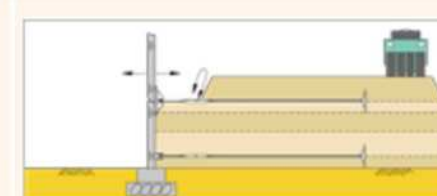
7 転圧(前)

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。



まとめ

- 多数アンカー式補強土壁は、**部材として機能した補強材の非破壊検査**が可能！
- 従来よりも、**安全性**が向上し、**診断作業の工程**が短縮されます！

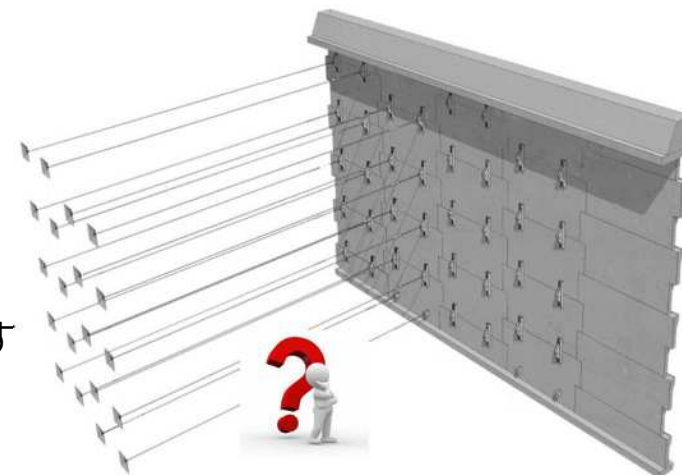


新たな取り組み

■ 補強材張力と変状の関係性把握

- ・ 補強材に作用する張力がどの程度増加すると変状が生じやすいのか
- ・ 盛土材の種類や締固め度，含水比等にどの程度影響するのか

⇒ **NDパネルによる診断結果の蓄積**により関係性を明確にすることを目指す



■ トルクレンチを使用した簡易計測手法の検討

- ・ NDパネル前面の支圧板と補強材を締結したナットの**トルク値**を計測することで補強材の張力を測定する方法を検討中

⇒ **リフトオフ試験よりも簡易的な計測手法**として期待する



トルクレンチ



計測イメージ

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