

—国土交通省 関東地方整備局 関東技術事務所—

[シリーズ No.7]

DX・i-Construction
建設技術展示館

補強材の非破壊診断が可能な補強土壁 「ND パネルを用いた多数アンカー式補強土壁」

はやし たけと
岡三リビック株式会社 ジオテクノ部 林 豪人

1. はじめに

1970年代に「補強土壁」が日本で初めて導入されて以降、取得用地や盛土量の大幅な縮減、施工の容易さ等の補強土壁が持つ大きな利点を生かし、これまで特に道路分野において数多くの補強土壁が適用されてきた。一方で人口減等の社会変化を受け、昨今では予防保全を取り入れた社会インフラ施設の効率的な維持管理が求められている。

補強土壁の構成要素は、主に盛土材、壁面材および補強材に分類される。これらのうち盛土材は自然材料であり、スレーキング性の材料や浸水による強度低下等を除けば、一般的には時間の経過とともに締め固められ強度低下は生じないと考えられる。また壁面材は補強材の表側に位置しており、異常が生じた場合に外観から確認しやすい。一方で補強材は常に土中に埋設されており、その損傷、破断、過緊張等の異常を外観から確認することは容易ではなく、補強土壁の維持管理上の課題となっている。

筆者らは代表的な補強土壁の一つである多数アンカー式補強土壁を対象として、補強材を容易に診断することが可能な壁面材「ND パネル」を開発した。これにより、壁面材の一部を破壊することなく、引張部材として機能している補強材を対象とした各種の非破壊検査の実施が可能となった。

ここではNDパネルと、補強材の診断に適用可能な2種類の非破壊試験（超音波探傷、リフトオフ試験）の概要および現場への適用事例を紹介する。

2. ND パネルの概要

図-1に一般的な壁面材およびNDパネルを用いた場合の部材構成を示す。一般的な壁面材を用いた場合は、上下の壁面材を連結させるためのコネクタにロッドアイをつないだ補強材を接続する。NDパネルも同様に上下の壁面材をコネクタでつなげるものの、補強材にはロッドアイを接続させず、補強材の一端を壁面の前に突出させ

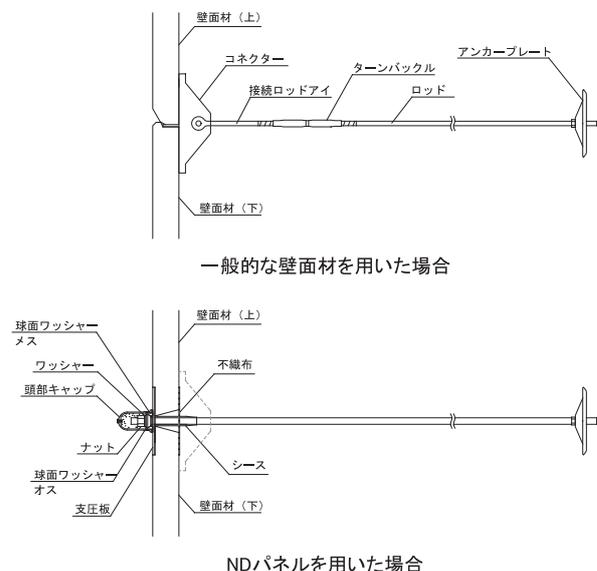


図-1 多数アンカー式補強土壁の部材構成

る構造を採用している。壁面材の前には支圧板が配置され、補強材に作用する引張力をこの支圧板を介して壁面材に伝達させる。壁面材の補強材貫通部にはハンチを設けており、盛土材が多少沈下しても補強材と壁面材が接触せず補強材に過度なせん断力が発生しない構造になっている。

また、補強材の突出部には防錆剤を充填した保護キャップが設置されており、診断時には保護キャップを外し、終了後に再び取り付ける。なお、壁面材の形状、厚さ、補強材の配置位置は一般的な壁面材と同じである。そのため、従来の手法で設計された多数アンカー式補強土壁にもそのまま適用が可能である。

3. 非破壊検査の原理と補強材診断への適用

(1) 超音波探傷

超音波探傷は比較的高い周波数の弾性波を使用して、鋼材の微細な亀裂や溶接部の不具合を高精度に検知できる測定法であり、既に多くの構造物の診断で利用されている。超音波探触子を鋼材端部に押し付けることにより測定を行う。測定前にあらかじめ測定面の研磨や接触媒質（グリス）の塗布が必要である。図-2に示すとおり、測定時にはエコーが最大となる位置が自動的に距離表示され、この箇所が補強材長さに相当する。補強材に損傷がある場合もその箇所でエコー値が高くなるため、損傷の有無とその大小をある程度確認できる。

実際の補強材を対象に気中で検証した結果、補

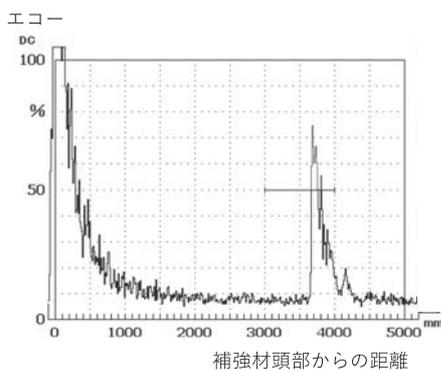


図-2 超音波探傷の結果出力例

強材長さについては4mまで検知可能であり、それ以上の長さの場合は検知の精度が低下する。これは高周波の弾性波を用いるため波動が減衰しやすく、長い補強材の場合では端部まで弾性波が届かないか、反射波が減衰してしまうことが原因と考えられる。一方で、補強材の長さが4m以下の場合、補強材の面積欠損率が3%と小さい場合でも、その損傷位置を捉えることができることが分かった^{1), 2)}。

(2) リフトオフ試験

図-3に示すとおり、リフトオフ試験は、センターホール型油圧ジャッキを用いて引張材に緊張力を段階的に加え、引張材に設置したくさびやナット等が受圧板から離れる状態（リフトオフ）まで緊張力を増加させ、その状態での緊張力をリフトオフ荷重として計測する方法である。リフトオフ荷重は荷重変位関係の折れ点として捉えることができる。リフトオフに移行した状態では引張材に生じている張力のうち、くさびやナット類に分担される反力が正からゼロとなるため、リフトオフ荷重は緊張前に引張材に作用している引張力とみなすことができる。リフトオフ試験はグラウンドアンカーの健全性を診断する際のプレストレス力の計測等で実用化されている。

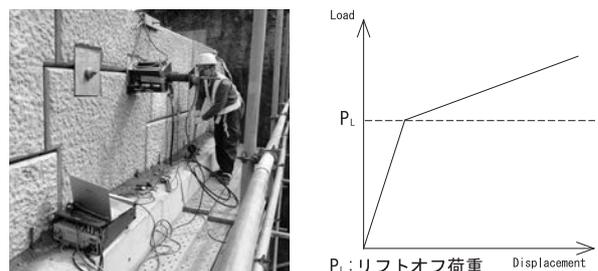


図-3 リフトオフ試験の実施状況と結果の概要

多数アンカー式補強土壁の補強材にリフトオフ試験を適用した場合、試験を実施する以前に補強材に作用している引張力の計測が可能となり、過緊張等の異常を捉えることができると考えられる。なお、多数アンカー式補強土壁の補強材はアンカー体だけに抵抗力を期待するグラウンドアン

カーと抵抗機構が似ており、アンカープレートの支圧抵抗のみに期待し、ロッド部の摩擦力は見込まず自由長を有する。そのため多数アンカー式補強土壁の補強材を対象としてリフトオフ試験を行った場合、自由頂部の摩擦が小さいためリフトオフ荷重を比較的捉えやすいと考えられる。

4. 適用事例

対象とした補強土壁は、東北地方の有料道路に構築した多数アンカー式補強土壁のうち、写真-1に示す起点側の延長16.5m、壁面高さ1.5～3.0m、嵩上げ盛土高さ約7mの区間である。この区間ではほぼ全ての壁面材にNDパネルを適

用した。盛土材の細粒分含有率は33%である。ここでは超音波探傷およびリフトオフ試験を2018年から2021年まで毎年実施した。診断の対象とした補強材の位置および補強材長さを図-4に示す。

超音波探傷の実施状況を写真-2に示す。ここでは、写真-3に示すコンクリートのひび割れや内部損傷の測定に使用される一般的な機材である超音波探傷器（UI-27：菱電湘南エレクトロニクス社製）およびアンカーボルトなどの調査等で一般的に使用される超音波垂直探触子（5Z10N：5MHz）を使用し、探触子を鋼材端部に押し付けて測定を行った。

リフトオフ試験では写真-4に示すとおり、セ



写真-1 NDパネルの適用箇所



写真-2 超音波探傷の実施状況



写真-3 使用した超音波探傷器



写真-4 リフトオフ試験での载荷および計測装置

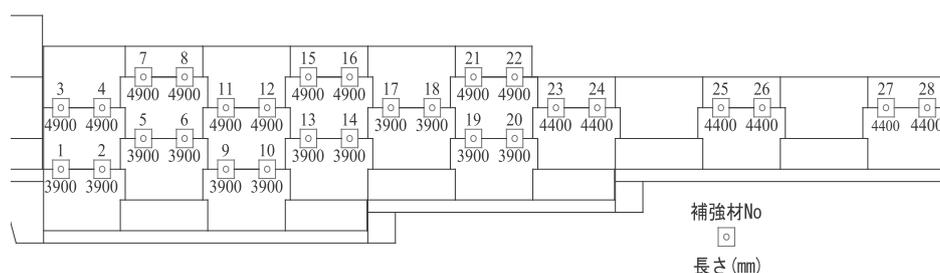


図-4 対象とした補強材の位置と補強材長さ

ンターホール型油圧ジャッキ（SC1.2-40S および P-16B：理研機器社製）を用いて各補強材に引張力を与え、補強材に設置しているナットが支圧板から離れるまで载荷した。引張力はセンターホール型荷重計（容量 200 kN）、ナットの変位は変位計を用いてそれぞれ計測した。载荷ステップは 1 kN ごととし、各载荷ステップで 10 秒間の荷重保持を行った。図-3 に示すとおり、荷重変位関係の折れ点をリフトオフ荷重として整理した。

超音波探傷による補強材長さの測定値と実際に埋設されている補強材長さとの差の経年変化を図-5 に示す。この結果より、補強材長さにかかわらず年数が経過するとともに超音波探傷による測定値が若干小さくなるのが分かる。補強材長さを測定できた本数の割合（検知率）の経年変化を図-6 に示す。補強材長さが 3900 mm の場合は全て測定可能であったのに対し、補強材長さが長くなると経年的に検知率が低下することが分かる。これらの結果より、時間の経過とともに盛土材の圧縮が進行し補強材への拘束力が大きくなり、入力波もしくは反射波伝達速度の低下あるいは減衰が生じたことが、測定長さの減少や測定で

きない箇所の増加の要因であると考えられる^{3), 4)}。

リフトオフ試験で得られた荷重変位関係の例を図-7 に示す。この例では測定時期によって多少の差はあるものの、グラフの折れ点からリフトオフ荷重はおおむね 14~20 kN の範囲内にあることが分かる。全ての補強材のリフトオフ荷重と壁面上端からの土被り厚さごとの全データを図-8 に、各土被りにおけるリフトオフ荷重の平均値の経年変化を図-9 にそれぞれ示す。

嵩上げ盛土が構築されていない 2018 年では土被り厚さが小さい補強材のリフトオフ荷重が小さいが、嵩上げ盛土が構築された 2019 年以降

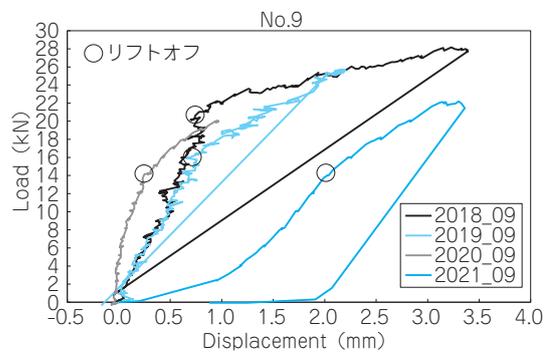


図-7 リフトオフ試験の荷重変位関係の例 (No.9)

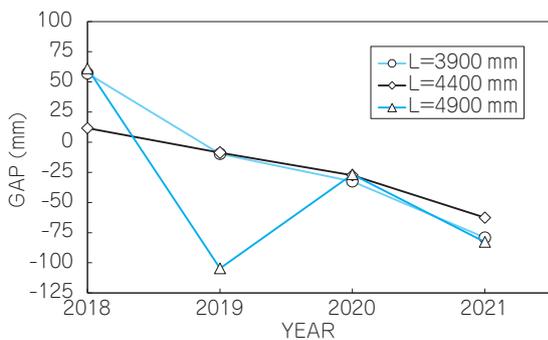


図-5 超音波探傷による測定差の推移

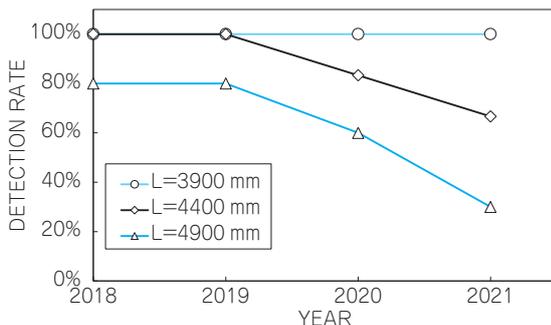


図-6 超音波探傷の検知率の推移

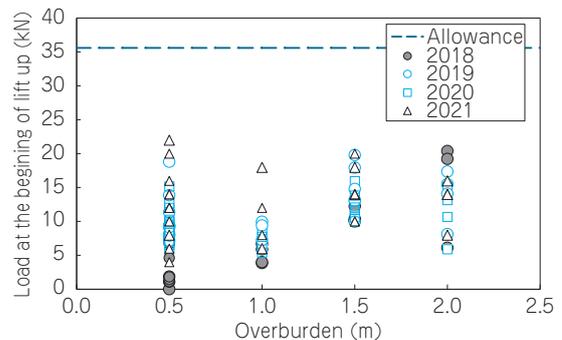


図-8 リフトオフ荷重と土被りの関係

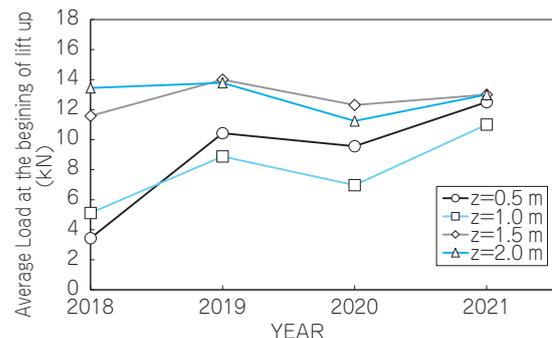


図-9 リフトオフ荷重の平均値の経年変化

はリフトオフ荷重が上昇しており、張力の増大を捉えていることが分かる。一方で土被り厚さが1.5 m以上の場合は嵩上げ盛土構築前後でもリフトオフ荷重が変化せず、嵩上げ盛土構築の影響は限定的であったと考えられる。なお、いずれの補強材についても張力は許容引張力を下回っており、過緊張は認められなかった。

5. 結論と展望

多数アンカー式補強土壁では構造部材として実際に機能している補強材の診断を容易にするため、NDパネルを開発した。この壁面材を用いることで超音波探傷およびリフトオフ試験等の手法を用いて補強材の状態を壁面前面側から診断することが可能であり、既に現場で適用され始めている。ただし各診断手法には補強材長さや土被り厚さ等に適用範囲の限界があるため適切に使い分け

るとともに、各診断技術のさらなる精緻化を検討し、より手軽に行えるように簡略化も進めていきたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 林豪人, 小浪岳治, 山下健太郎: アンカー補強土壁の補強材を対象とした健全性調査技術の気中における検証実験, 第51回地盤工学研究発表会(岡山), 2016。
- 2) 国立研究開発法人土木研究所他: 補強土壁の維持管理手法の開発に関する共同研究, 土木研究所共同研究報告書第486号, 2016。
- 3) 林豪人, 小浪岳治, 西徹, 中村洋丈, 佐野良久: 構築中のアンカー補強土壁の補強材を対象とした健全性調査技術の検証実験, 第54回地盤工学研究発表会(さいたま市), 2019。
- 4) 林豪人, 小浪岳治, 伊藤友哉: アンカー補強土壁の補強材を対象とした健全性調査技術の測定値の経年的検証, 土木学会全国大会第76回年次学術講演会, 2021。