

# 補強材抵抗力の計測に基づくアンカー補強土壁 の品質管理システムに関する検討

松本日和<sup>1</sup>・川口貴之<sup>2</sup>・川尻峻三<sup>3</sup>・館林雅治<sup>1</sup>・安達謙二<sup>4</sup>・林豪人<sup>4</sup>・小浪岳治<sup>4</sup>

補強土壁が変状する要因の一つに、不適切な盛土材料の使用と締固め不足がある。このような状況は土取り場の変更や、降雨等による急な土質の変化によって起こりやすいと考えられるが、現行の品質管理方法だけでは見過ごされる可能性もある。そこで本研究では、このような変状を防ぐことを最終的な目標として、アンカー補強土壁に装備されているターンバックル回転時のトルクに着目し、無線送信機能を備えた市販のデジタルトルクレンチとクラウドストレージを活用することで、高い頻度での盛土材料の適否確認ができ、施工地に不在の発注者やメーカーも計測結果をリアルタイムで確認できる品質管理システムの構築を試みた。

キーワード：補強土壁，品質管理，ICT

## 1. はじめに

補強土壁は、垂直もしくは垂直に近い壁面工と補強材から構成され、壁面工に作用する土圧と、盛土内に敷設した補強材の引抜き抵抗力との釣合いによって安定を保つ土留め構造物である<sup>1)</sup>。補強土壁は従来のコンクリート擁壁に比べて経済性、施工性、耐震性に優れている等の理由から、現在では広く普及しているが、それと伴って変状する事例も報告されるようになってきた<sup>2)~5)</sup>。

補強土壁が変状する主な要因としては、地震動、地下水や地表水の浸透・浸食、調査不足等によって生じる基礎地盤のすべりや不同沈下の他に、不適切な盛土材料の使用と締固め不足が挙げられている<sup>5)</sup>。道路土工構造物技術基準・同解説<sup>6)</sup>でも謳われているように、使用する地盤材料は複雑多様であり、不均質性や不確実性を多く内包する。また、近年は建設リサイクルの観点から多少の不良土であっても現場周辺から発生する建設発生土を使用するケースが多くなってきている。このような背景もあり、筆者らは上述の不適切な盛土材料の使用や締固め不足は、土取り場の変更によって盛土材料そのものが変わった場合や、降雨等によって土質が大きく変化した場合に生じることが多いと考えている。また、実際にこれに起因した変状事例も報告されている<sup>7)</sup>。

土木工事施工管理基準及び規格値（案）<sup>8)</sup>をはじめ、各種設計・施工マニュアル<sup>9)</sup>において、補強土壁工の品質管理基準は一般に500m<sup>3</sup>に1回の割合で測定する現場密度に基づいている。補強土壁の変状は局所的な不適切材料の混入でも生じる場合がある

ことを考えると、この程度の頻度での測定であっても、急な盛土材料や土質の変化は見過ごされる可能性は十分にある。また、補強土壁は土中に設置された補強材の抵抗力によって支えられており、施工中の変状は壁面に作用する土圧に比べてこの抵抗力が小さい場合に起こる。上記の規格値は一般に最大乾燥密度の（締固め度）95%以上となっているが、これは95%以上の締固め度であれば必要とされる抵抗力を満足することを確かめた設計に基づいている。つまり、盛土材料や土質が変化した場合には、本来設計（最大乾燥密度）自体を見直す必要があるが、目視などによって、どの程度の変化で見直すのかを判断するのは極めて難しい。

以上のことから、筆者らはこの種の変状を防ぎ、品質の高い補強土壁を確実に構築していくためには、高い頻度で盛土材の適否が確認できるような簡易な品質管理システムの構築が重要と考えた。また、これに用いる指標は補強土壁を支える補強材抵抗力にできるだけ直結したものである方が良い。さらに、品質管理のために計測した結果は、施工者だけでなく、発注者や採用した補強土壁の専門家であるメーカー等がリアルタイムで共有できるシステムであることも望ましいとの考えに至った。

一方、補強土壁には壁面工や補強材の種類によって多くの工法が存在し、帯状鋼材や格子状・面状のジオグリッドを補強材として盛土材料との摩擦抵抗を引抜き抵抗力とするタイプの他に、図-1に示すアンカー補強土壁と呼ばれるタイプがある<sup>9)</sup>。この補強土壁では、鉄筋（タイバー）に取り付けられた支圧板（アンカープレート）に作用する支圧アンカ

<sup>1</sup>地盤工学会員，北見工業大学 大学院 工学研究科 社会環境工学専攻（〒090-8507 北海道北見市公園町165番地）

<sup>2</sup>IGS個人会員，北見工業大学 工学部 社会環境系 教授（同上）

<sup>3</sup>IGS個人会員，北見工業大学 工学部 社会環境系 准教授（同上）

<sup>4</sup>地盤工学会員，岡三リビング株式会社（〒108-0075 東京都港区港南1-8-27 日新ビル10F）

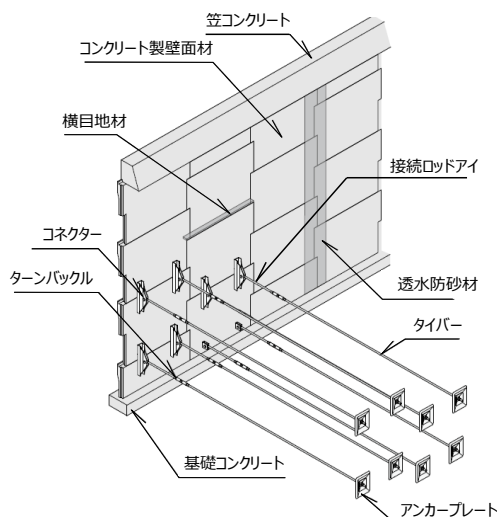


図-1 アンカー補強土壁の概要図

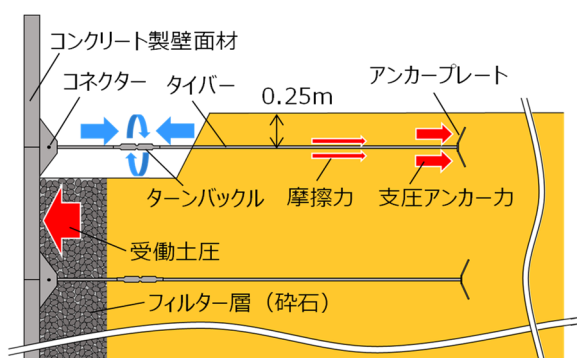


図-2 ターンバックル回転時の力や変位に関する概略図

一力が主な引抜き抵抗力（補強材抵抗力）となっており、壁面工とタイバーの間には回転させると壁面工と支圧板との距離が伸縮するターンバックルと呼ばれる部材が装備されている<sup>9)</sup>。

図-2 は施工過程でターンバックルを回転させた際に生じる力や変位について示した概略図である。なお、図中にはタイバー設置後に一層分（0.25m）の転圧をした後の状態を示している。ターンバックルを回転させ、壁とアンカープレート間の距離を縮めた際に生じる補強材の引張力（補強材抵抗力）は、主にフィルター材や盛土材によって壁に作用する受働土圧、支圧アンカー力、タイバーと盛土材との摩擦力によって発揮され、この大きさは補強材周辺における盛土材の強度や剛性によって変化するはずである。ただし、図中のように土被り圧が小さい場合、タイバーと盛土材との摩擦力は支圧アンカー力に比べて十分に小さいと見込まれる。また、補強材に生じる引張力の大きさは、ターンバックル回転時の抵抗（トルク値）にも反映されるはずである。すなわち、十分に転圧された良質な盛土材で計測したトルク値に比べて、転圧が不十分なときや、不適切な盛土材が混入したときに計測されるトルク値は小さくなると予想され、補強材に荷重計やひずみゲージなどを設置して直接計測しなくとも、アンカー補強土壁に標準装備されているターンバックルを回転させ

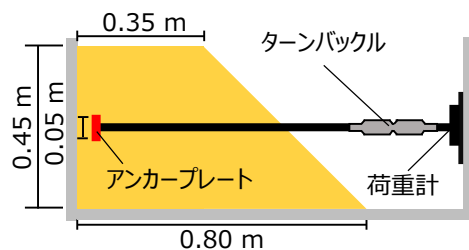


図-3 室内模型試験の概要図

表-1 地盤材料の物性と試験条件

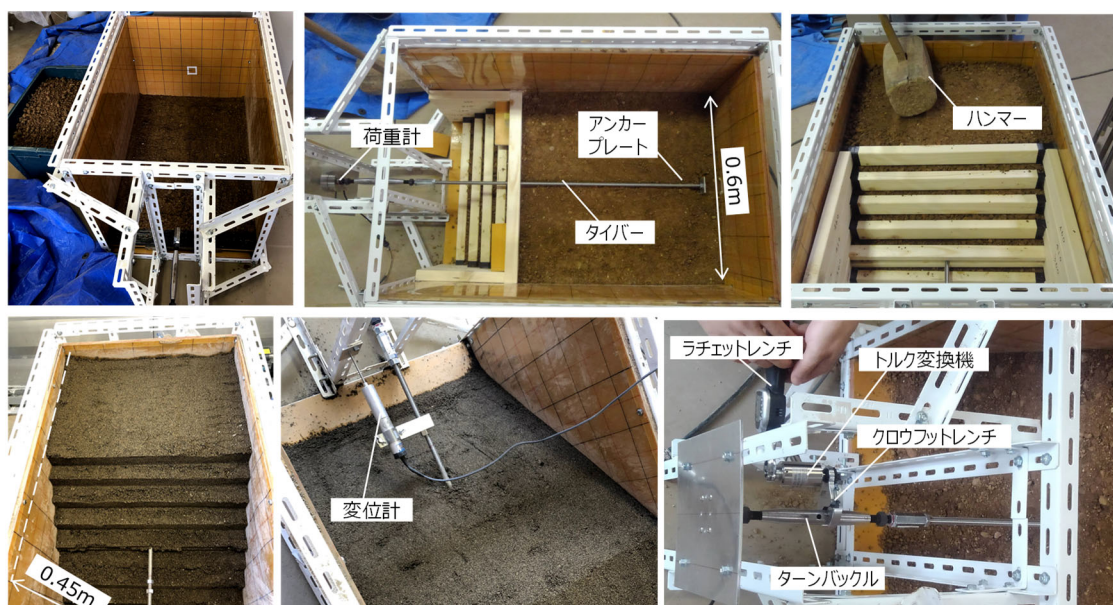
試験名	地盤材料	$\rho_{d \max}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$w_{opt}$ (%)	$F_c$ (%)	$D_c$ (%)	$w$ (%)
ケース1	砂質土	1.54	15	0	96.0	15.8
ケース2					94.3	12.6
ケース3					90.7	14.1
ケース4					84.9	15.1
ケース5					74.6	17.7
ケース6	粘性土	1.66	18	50	95.0	16.0
ケース7					77.7	18.3
ケース8					88.6	23.9

たときのトルクを計測するだけで、簡便かつ高頻度で盛土材の適否や品質を判定できる可能性があると考えた。

そこで本研究では、はじめに屋内外で実施した模型試験によって、トルク値から支圧アンカー力の評価が可能か否かを検討した。次に、その結果を踏まえて、ターンバックル回転時のトルク値と補強材抵抗力との関係を実際の施工現場で確認した。そして最後に、この結果を用いてトルク値による暫定的な品質管理基準を設定し、それに基づいた施工時の品質管理を実施した。また、そこでは無線伝送機能を備えた市販のデジタルトルクレンチとクラウドストレージを活用することで、高い頻度での盛土材料の適否確認ができ、施工地に不在の発注者やメーカーも計測結果をリアルタイムで確認できる品質管理システムの構築を試みた。なお、このような無線伝送技術を用いた構造物のヘルスマニタリングは既に橋梁分野等で広く用いられている<sup>10)</sup>。また、ジオテキスタイル補強土壁で使用される補強材の中には、ひずみ計測を目的とした光ファイバーを内蔵したものが既に市販されている<sup>11)</sup>。例えば、このようなひずみ情報を活用することでも、盛土材やその土質の変化に関する情報を遠隔地でリアルタイム共有することは可能である。施工中の盛土材や土質の変化を把握することは、補強土壁の変状を未然に防止する点において、アンカー補強土壁に限らず、全ての補強土壁にとって共通した課題<sup>7,12)</sup>であることから、本研究で得られた知見はジオテキスタイル等の補強材を用いた他の補強土壁にとっても有益と考えている。

## 2. 室内模型試験

図-3は室内模型試験の概略図であり、表-1は室内模型試験に使用した地盤材料の物性と実施した試験条件をまとめたものである。粘性土は19mmふるい



を通過させた建設残土（細粒分含有率50%），砂質土は粒径幅の狭い火山灰質の砂質土（細粒分含有率0%）である<sup>13）</sup>．なお，この地盤材料の強度定数を求めるための試験は実施していない．

**写真-1**は模型盛土の構築過程と試験の様子を示したものである。模型盛土は9層（各層厚50mm）で構築し、所定の含水比に調整した地盤材料を、所定の密度になるようにハンマー等で締固め、階段状に仕上げた後に、のり面を整形した。アンカープレートは厚さ3mm、50mm角のアルミ板とし、タイバーはターンバックルとの接続を容易にするために全ネジボルトとした。アンカープレートの影響範囲を考慮して<sup>9)</sup>、模型盛土の大きさは高さ0.45m、幅0.60mとし、タイバーは盛土高さの中央に設置した。また、実際のターンバックル周辺の盛土状況を再現するために、壁面と盛土との間にあるのり面の勾配は1割とし、ターンバックル周辺に空間を設けた。なお、アンカー補強土壁の施工では、壁面材と補強材を設置した後、壁面調整やフィルター層の構築、更には大型転圧機械による壁面変位が生じないことを目的として、壁裏から1m程度の範囲には盛土材を入れず、その背後に盛土材をまき出して転圧される<sup>9)</sup>。

トルクはラチェットレンチとクロウフットレンチの間に設置したひずみゲージ式のトルク変換機によって計測し、支圧アンカー力（補強材抵抗）は壁面に固定したロードセルによって計測した。また、アンカープレートの変位についても計測した。

図-4はターンバックルを90度ずつ回転させる過程で得られた区間最大トルク $T_{\max}$ と区間最大支圧アンカー力 $A_{\max}$ の推移について、使用した盛土材ごとに比較したものである。いずれの地盤材料においても、回転に伴う $T_{\max}$ と $A_{\max}$ の変化は類似しており、土質や締固め度 $D_c$ の違いによる $T_{\max}$ の変化を $A_{\max}$ から把握することは十分に可能と解釈できる。ただし、砂質土については $D_c$ が大きいほど、 $T_{\max}$ と $A_{\max}$ の最大値も大きくなっているが、粘性土については $D_c$ の順

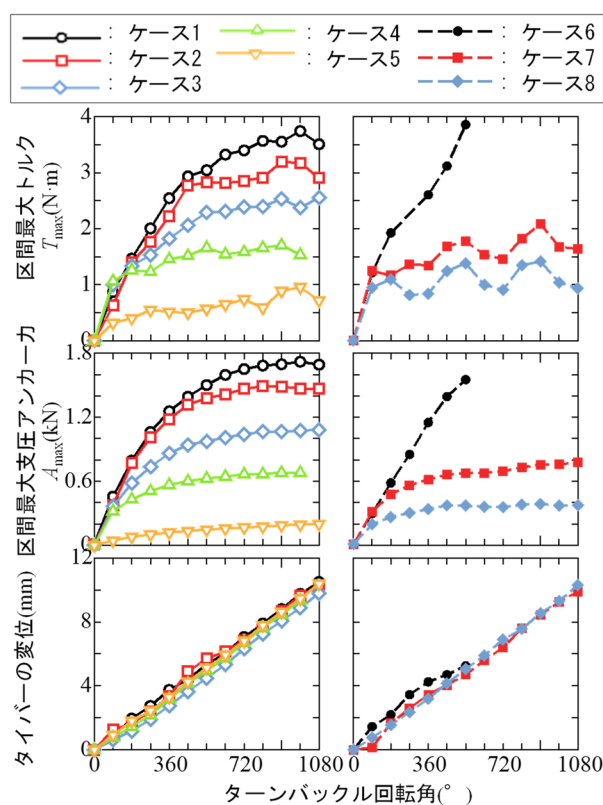


図-4 室内模型試験における計測結果

にはなっていない。これは $D_c$ がそれほど大きくない範囲では、 $D_c$ が低くても乾燥側にある $A_{\max}$ の方が、 $D_c$ は高いが湿潤側にある $A_{\max}$ よりも大きくなることが実際に起こりうることを意味すると考えている。

図-5は実施した全ての試験における $T_{\max}$ と $A_{\max}$ の関係をプロットしたものである。全般的には正の相関が見られ、概略的には $T_{\max}$ から $A_{\max}$ を評価することも可能と考えられるが、厳密に言えば同じ $T_{\max}$ に対して、砂質土の方が大きい $A_{\max}$ を発揮していることが分かる。これは、 $T_{\max}$ と $A_{\max}$ の関係が厳密には補強材抵抗力を発揮させる系（ここでは主に盛土材）



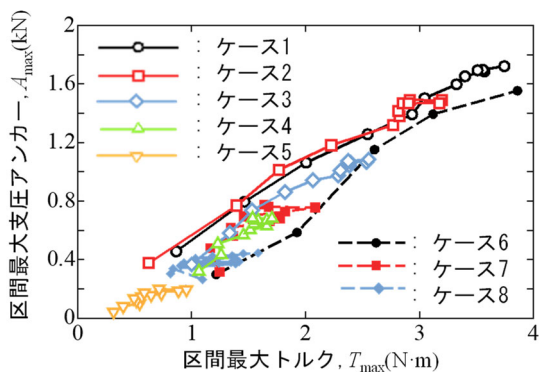


図-5 区間最大トルク  $T_{\max}$  と区間最大支圧アンカー力  $A_{\max}$  の関係



写真-2 屋外模型試験の様子

の物性（剛性や強度）に依存することを意味していると考えられ、これを踏まえた品質管理システムの構築が必要と分かった。

### 3. 屋外模型試験

写真-2は実際の施工現場で使用する計測システムの確認を目的とした屋外模型試験の様子である。構築した試験盛土は幅・奥行4m、高さ1mであり、高さ0.5mの位置にタイバーとアンカープレートを設置した。また、バックホーのバケットを反力（壁面）として、無線送信機能を備えたデジタルトルクレンチによって実際に使用するターンバックルを90度ずつ回転させて、区間最大トルク  $T_{\max}$  と区間最大支圧アンカー力  $A_{\max}$  を測定した。なお、模型試験に使用した盛土材は粘土質砂まじり礫に分類され、最大乾燥密度は  $1.51\text{g/cm}^3$ 、最適含水比は25.2 %である。また、三軸試験から求めた強度定数は  $\phi_d = 32.8^\circ$ 、 $c_d = 9.4\text{ kN/m}^2$ であった。

図-6はデジタルトルクレンチからLTEを搭載したモバイルPCに無線伝送された回転角とトルク値の

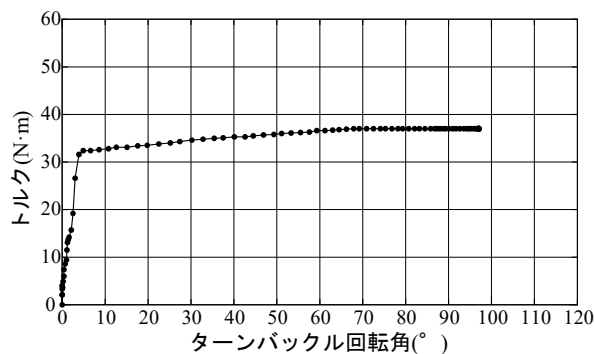


図-6 トルクデータの計測例

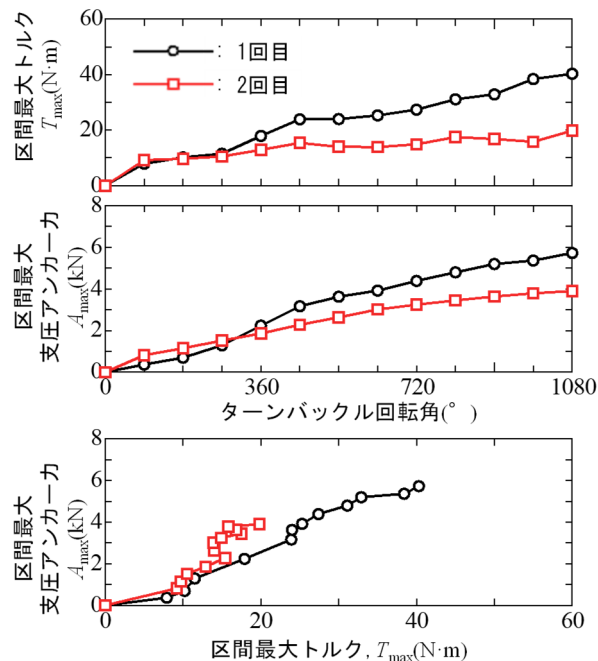


図-7 屋外模型試験の計測結果

関係をプロットしたものである。実際には、表計算ソフト上に自動的に回転角とトルクに関する数値データとグラフが示されるようになっており、これをクラウドストレージに保存することで、遠隔地でもほぼリアルタイムでトルクデータを閲覧できることを確認した。

図-7は試験盛土で2回実施した計測結果を示したものである。1回目の試験終了後にタイバーより上部にある盛土を解体し、次の日に転圧回数を減らして再構築し、2回目の計測を実施した。また、その間に降雨があったため、2回目に使用した盛土材の含水比は上昇している。本試験は試験システムの確認が主な目的であったため、盛土の含水比や密度といった詳細な計測は行わなかったが、1回目の方が  $T_{\max}$ 、 $A_{\max}$  とともに大きくなっている。また、図中には  $T_{\max}$  と  $A_{\max}$  の関係も示しているが、概ね同様な関係が得られている。これらのことから、実際のターンバックルを用いたトルク計測でも、盛土材や締固め度の違いを把握できる見込みがあることを確認した。ただし、回転初期において両者の違いが確認されなかった要因の一つには、計測システム上のゆるみや反力となるバケット自体の移動が考えられた。このことから、実際の施工でターンバックルを回転

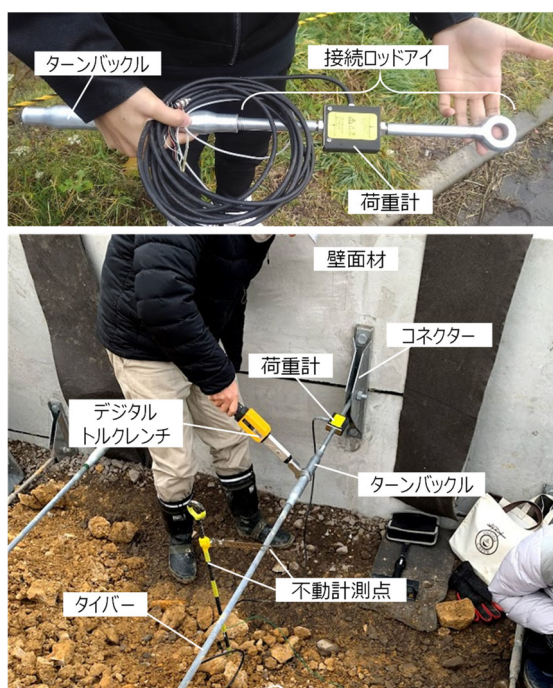


写真-3 施工中の補強土壁で実施した計測の様子

させた際には、試験開始時にターンバックルをある程度回転させてゆみを解消する必要があることや、アンカープレートではなく、本来の目的でもある壁面の移動が卓越することを前提にして、品質管理方法を検討する必要があることが分かった。

#### 4. 品質管理システムに関する検討

屋内外で実施した模型試験による検討から、ターンバックル回転時のトルクによって、概略的に補強材抵抗力の評価が可能であることが分かったが、それらの関係性は土質や壁面の変位量によって多少変化する可能性があることも分かった。そこで、今回の施工では、管理基準値を決めるためにトルク計測を行う初期段階だけは補強材抵抗力を直接計測し、補強材抵抗力とトルク値との関係を把握することにした。また、補強材に作用する土被り圧が大きいと、ターンバックル回転時に壁だけが変位（傾斜）することになるため、タイバー上に1層分（0.25m）の盛土材が転圧された段階でトルク計測を行うことにした（図-2参照）。

写真-3は函館新外環状道路の建設に伴って施工されたアンカー補強土壁において、2枚の壁面材を連結するコネクターとターンバックルの間に設置する接続ロッドアイと呼ばれる部材にロードセルを装着し、トルク値と補強材抵抗力との関係を把握している様子である。なお、使用した盛土材は、先述した屋外模型試験で用いたものと同質であった。また、時間を要するが、ロードセルが装着された接続ロッドアイは、試験後にターンバックルを使って通常の接続ロッドアイと交換した。計測時間や壁面の移動量が大きくなることを考慮して、トルクの計測は90

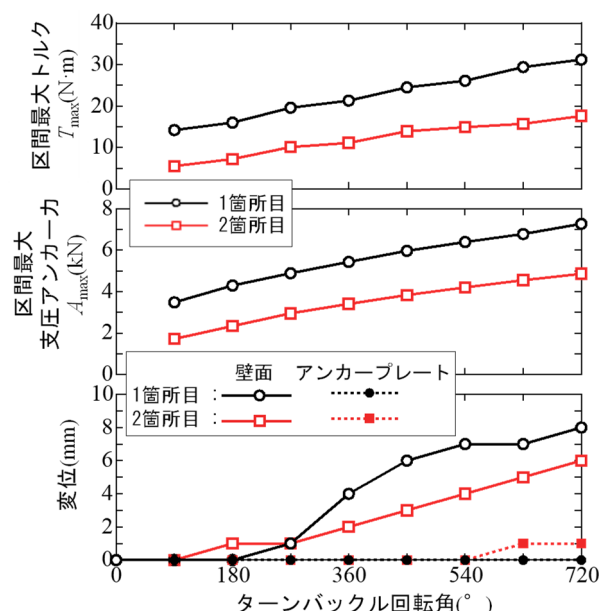


図-8 施工中の補強土壁での計測結果

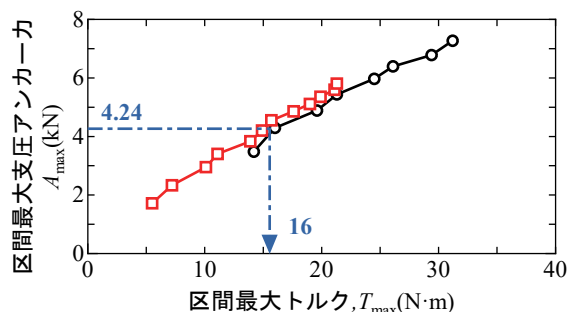


図-9 区間最大トルク  $T_{max}$  と区間最大支圧アンカー力  $A_{max}$  の関係

度ずつ2回転（720度）まで実施し、不動計測点を設けてターンバックルの回転に伴うアンカープレート側の変位と壁面の変位をそれぞれ1 mm単位で計測した（写真-3参照）。具体的には、アンカープレート側の変位はアンカープレートと連結されたタイバー上に印を付け、不動計測点との距離から求めた。壁面の変位は不動計測点からタイバーの延長線上にある壁までの距離から求めた。

図-8は異なる2箇所で実施したターンバックルを90度ずつ回転させる過程で得られた区間最大トルク  $T_{max}$  と区間最大支圧アンカー力  $A_{max}$  の推移と、壁面およびアンカープレート側の変位を示したものである。事前に手でターンバックルを回わし、計測開始時の補強材抵抗力を変えて実施したが、その後の回転に伴う  $T_{max}$  と  $A_{max}$  の変化は類似していることが分かる。また、アンカープレート側の変位は極めて小さく、回転に伴う変位は主に壁面側で生じていることが分かる。

図-9は2箇所で実施した試験における  $T_{max}$  と  $A_{max}$  の関係を示したものである。場所や開始時の補強材抵抗力が異なるにも関わらず、同様な関係にあることが分かる。ここで、本補強土壁において、タイバー上の土被り厚が0.25 m（1層分）の際に、設計上アンカープレートに期待する地震時の許容抵抗力は



4.24 kN/本であり、図中に示す関係から、このときのトルク値はおよそ16 N・mに相当する。そこで、この程度の引張力を作用させてもアンカープレート側の変位がほとんど生じないのであれば、品質上問題ないと考え、本補強土壁では、2回転の計測以内に16 N・m以上のトルクが発揮され、その際のアンカープレート側の変位が3 mm以内であることを暫定的

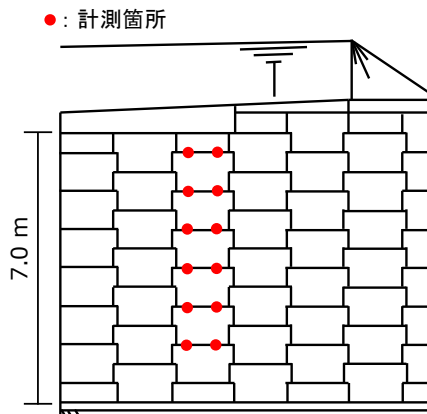


図-10 対象とした補強土壁における計測箇所

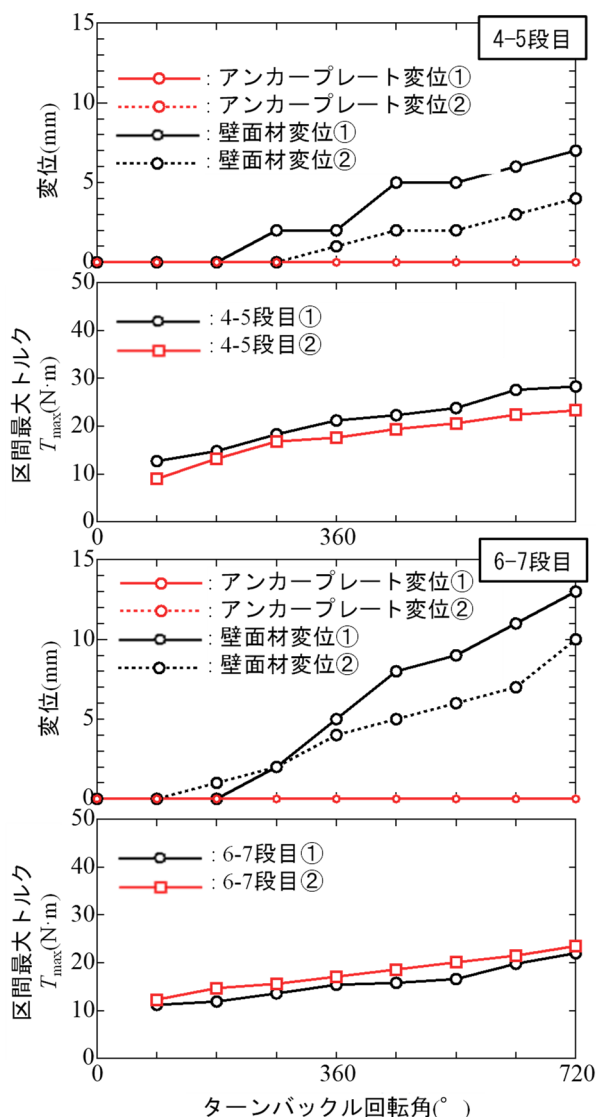


図-11 計測した区間最大トルク  $T_{\max}$  と変位の例

な品質管理基準として、構築過程でのトルク計測を行うことにした。

## 5. 構築したシステムに基づく品質管理

図-10は対象とした補強土壁における計測箇所を示したものである。タイバー及びアンカープレートが設置される1m（4層）ごとに、壁面調整が必要であるか否かに関わらず、2箇所ずつ計測することにした。写真-4は施工に行ったトルク計測の様子を示したものである。壁面調整も兼ねて、90度ずつ2回転させる一連の計測に要する時間は10分程度であり、施工の進捗に与える影響は極めて小さいことを確認した。

図-11は計測した区間最大トルク  $T_{\max}$  と変位の一例である。変位については、先述したように不動計測点を設けて計測した。いずれの計測点においても、2回転以内に16 N・m以上のトルクを発揮するとともに、アンカープレート側の変位も1mm未満であり、全計測点で設けた基準を満足していることを確認した。なお、計測によって壁が傾斜した場合には、計測終了後に再びターンバックルによって調整した。

図-12は全計測箇所で作られた区間最大トルク  $T_{\max}$  の平均の推移を示したものである。回転角に伴ってほぼ直線的に上昇しており、トルクが16 N・mに達するのは、概ね1回転以内であることが分かる。

写真-4は竣工後に実施した出来高計測（壁の鉛直度計測）の様子を示したものである。鉛直度の規格値は壁高の3%以内であるが、計測した2箇所は0.7、

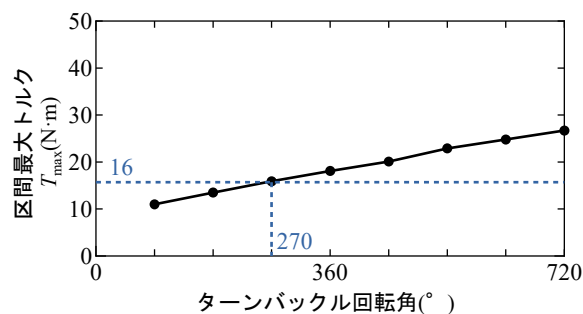


図-12 区間最大トルク  $T_{\max}$  の平均の推移



写真-4 出来高計測の様子

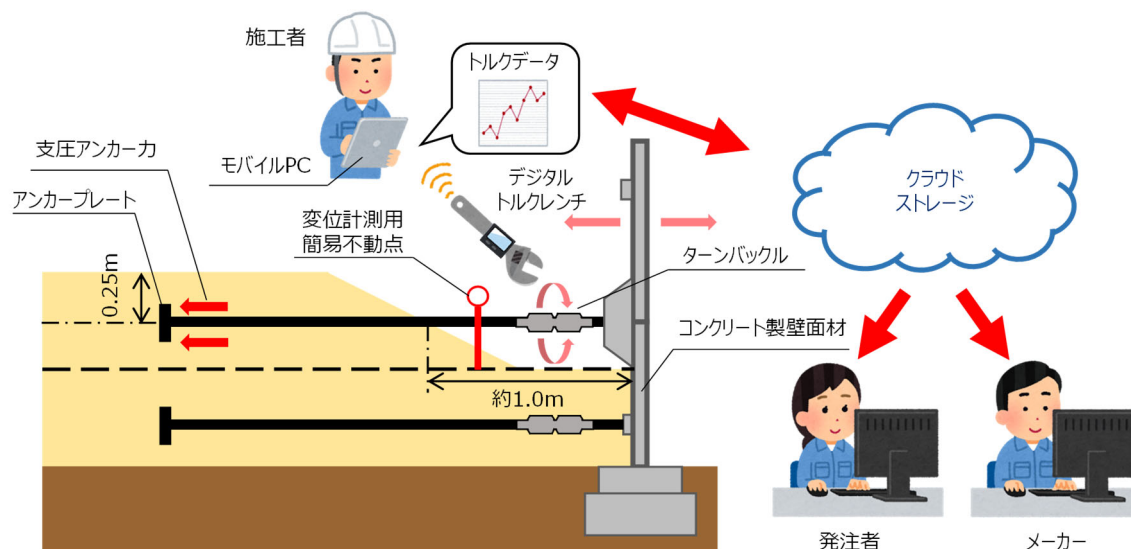


図-13 構築した品質管理システムの概要図



写真-5 施工中行ったトルク計測の様子

0.8%と高い鉛直度で竣工した。また、施工中の3箇所を実施された現場密度試験から得られた締固め度は96.0～96.2%と狭い範囲にあり、当然ながら現行の品質管理値である95%を超えていた。

図-13 は本研究で構築した品質管理システムに関する概要図である。先述した方法によって、計測したトルクデータは遠隔地にいる発注者やメーカーもリアルタイムで把握できる。変位については、計測結果をテキストファイル等としてクラウドストレージに保存する必要があるが、これによって同様にリアルタイムでの把握も可能である。また、クラウドストレージに保存する際のファイル名に計測箇所を盛り込むことで、遠隔地から施工の進捗状況の確認も可能となる。

写真-5 は先述した函館新外環状道路に関連するアンカー補強土壁の建設過程において、施工者が実際にトルク計測を行っている様子である。計測したデータは近くの現場事務所だけでなく、函館道路事務所や、遠隔地にあるメーカーでも随時確認した。この中で、先述したような品質管理基準を設けなくても、同質な盛土材で同様な締固めが行われていれば、同じ土被り厚で計測したトルク値は同程度になるはずであるから、計測された区間最大トルク  $T_{max}$  が急変するだけでも、盛土材料や土質の変化を疑う

には十分な情報であることを確認した。また、 $T_{max}$  の急変がきっかけとなって電話確認が行われるなど、発注者、施工者、補強土壁メーカーの密な情報交換や共有、信頼関係の構築に役立つことも確認した。施工中の盛土材や土質の変化を把握することは、変状を未然に防止する点において、アンカー補強土壁のみならず、ジオテキスタイル補強土壁を含む全ての補強土壁にとって共通した課題<sup>7,12)</sup>である。よって、この共通課題を補強材から得られる情報を活用して盛土材や土質の変化を高頻度で確認し、その情報を遠隔地でもリアルタイムで把握することによって解決することを試みた本文の内容は、ジオテキスタイル補強土壁を含む全ての補強土壁にとって有益と考えている。また、人口減少社会を考えると、将来的には経験の少ない施工者や管理者が補強土壁の建設に携わる機会が多くなると考えられ、このようなシステムの構築は今後益々重要になると予想される。ジオテキスタイル補強土壁を例にとれば、先述した光ファイバーセンサー内蔵のジオグリッド<sup>11)</sup>等を用いて、転圧中あるいは所定の土被り厚の転圧が終了した時点における補強材のひずみを随時クラウドストレージに保存するだけでも、ひずみの最大値が急変したこと等によって、盛土材料や土質の変化を把握できる可能性が高い。

最後に、本研究で対象とした品質管理システムについては、本文の中で挙げた問題点以外にも、タイバーの太さによってトルクと補強材抵抗力の関係が変わるなど、現時点では多くの課題が山積している。しかしながら、アンカー補強土壁に限らず、簡便かつ高頻度での盛土材の適否確認や、この情報を遠隔地でもリアルタイム共有することは、現行の締固め度による品質管理を補うだけでなく、発注者、施工者、補強土壁メーカーの連携を高め、結果的に変状する補強土壁を減らすことに貢献できるのではないかと考えている。よって、今後も多くの施工地において本システムによる計測を重ねることで、基準とすべきトルクの決定方法を確立し、より簡易な品質管理システムにしていきたいと考えている。

## 6. まとめ

本研究では、アンカー補強土壁のターンバックル回転時におけるトルク値を活用した品質管理システムの構築に関して検討した。また、この中で補強材を活用して遠隔地でも盛土材や土質の変化を高頻度かつリアルタイムで把握することは、ジオテキスタイル補強土壁を含む、全ての補強土壁に共通の課題解決につながる可能性があるとの認識に至った。本研究で対象とした品質管理システムに関して得られた成果を以下にまとめる。

- 1) 無線送信機能を備えたデジタルトルクレンチとクラウドストレージを活用することで、ターンバックル回転時のトルク値を遠隔地でもリアルタイムで共有できるシステムを構築した。
- 2) 屋内外で実施した実験により、アンカー補強土壁におけるターンバックル回転時のトルク値と補強材抵抗力には相関があることを確認した。
- 3) 設計上の許容抵抗力に相当するトルク値を暫定的な基準として品質管理を行った結果、全ての計測点で基準を満足した。また、完成した補強土壁の鉛直度も高いことを確認した。

**謝辞：**本文は国土交通省「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」（データを活用して土木工事における品質管理の高度化等を図る技術）に基づき、北海道開発局函館開発建設部発注の工事内で実施した研究成果をまとめたものである。函館開発建設部函館道路事務所ならびにコンソーシアムの一員として参画頂いた株式会社 森川組の皆様に深甚なる感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 地盤工学会：地盤工学用語辞典，2006。

- 2) 川尻峻三，澁谷啓，鳥居宣之：ジオテキスタイル補強土壁の変状メカニズムに関する事例研究，地盤工学ジャーナル，Vol.6，No.1，15-25，2011。
- 3) 許晋碩，澁谷啓，鄭珉守：ジオテキスタイル補強土壁における施工中の変状トラブルの原因と対策工に関する数値解析的研究，ジオシンセティックス論文集，Vol.26，pp.19-26，2011。
- 4) 橋本聖，川尻峻三，川口貴之，林憲裕，林宏親：変状したジオテキスタイル補強土壁に関する調査事例，地盤工学会北海道支部技術報告集，Vol.57，pp.347-352，2017。
- 5) 中根淳：補強土工法の設計・施工マニュアルの改訂概要（その1），土木技術資料，Vol.55，No.12，pp.58-61，2013。
- 6) 公益社団法人 日本道路協会，道路土工構造物技術基準・同解説，2017。
- 7) 日経コンストラクション2019年7月22日号，pp.16-17，2019。
- 8) 国土交通省，土木工事施工管理基準及び規格値(案)，[https://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou/pdf/300327kouji\\_sekoukanrikijun01.pdf](https://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou/pdf/300327kouji_sekoukanrikijun01.pdf) (2020年8月3日閲覧可能)
- 9) 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。
- 10) 土木学会 構造工学委員会 構造物ヘルスマモニタリングにおける意思決定手法研究小委員会：活動報告書 構造物ヘルスマモニタリングにおける意思決定，2017。
- 11) 辻慎一郎，久保哲也：ジオテキスタイル補強土壁工法の健全性診断に関する取組み，ジオシンセティックス技術情報，Vol. 35，No. 2，pp. 12-13，2019。
- 12) 許晋碩，澁谷啓，野並賢，白濟民，丁經凡，黃雲植：補強土壁を併用した高盛土の施工時発生した変形の原因解明と対策工に関する事例研究，ジオシンセティックス論文集，Vol.32，pp.45-52，2017。
- 13) 原田道幸，川口貴之，川尻峻三，中村大，大谷匠，山下聡：積雪寒冷環境下におけるジオセルを用いた斜面安定工に関する検討，ジオシンセティックス論文集，Vol.33，pp.91-98，2018。

## STUDY ON QUALITY MANAGEMENT SYSTEM OF MULTI-ANCHORED REINFORCED SOIL WALL BASED ON MEASUREMENT OF RESISTANCE FORCE OF REINFORCEMENT

Hiyori MATSUMOTO, Takayuki KAWAGUCHI, Shunzo KAWAJIRI,  
Masaharu TATEBAYASHI, Kenji ADACHI, Taketo HAYASHI and  
Takeharu KONAMI

There are use of inadequate embankment materials and insufficient compaction as factors which cause the reinforced soil wall to change shape. Such a situation is caused by a change in the borrow pit or a sudden change in soil properties due to rainfall. However, current quality control methods are likely to overlook this change. In this study, therefore, we tried to construct a quality control system that can check embankment materials frequently by storing the torque when turnbuckles of anchor reinforced soil walls are rotated in the cloud storage, and can confirm measured values in real time even by people who are not in the construction site.

**KEYWORDS:** Reinforced Soil Wall, Quality Control, Information and Communication Technology