

# 二重構造を有する補強土壁の 地震後の状況と補修

服部浩崇<sup>1</sup>・竜田尚希<sup>2</sup>・王宗建<sup>3</sup>・辻慎一郎<sup>4</sup>・太田秀樹<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>前田工織株式会社 開発技術部 (〒919-0422 福井県坂井市春江町沖布目38-3)

<sup>5</sup>中央大学研究開発機構, 教授 (〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27)



平成20年6月14日に発生した岩手・宮城内陸地震により、震央から北西約4.5kmの地点に位置する補強土壁の壁面が変位し、一部の壁面材（コンクリートパネル）が損傷した。この補強土壁は、壁面材と補強盛土体の間に空間を設けており、締固めによる盛土の変形を十分に吸収し、壁面に荷重が伝えない二重構造であった。地震発生から約10ヶ月経過後も壁面変位の増加は見られず、補強土壁は安定した状態であると評価されたため、損傷の大きい箇所の壁面材のみを取替えることとなった。また、補強土壁の補強領域の健全性を検証するため、2次元表面波探査を実施した。本報告では、その補強土壁の変状の状況と、補修工事の状況を述べる。

キーワード：垂直補強土壁，二重構造，補修，表面波探査，耐震性

## 1. はじめに

平成20年6月14日に発生した岩手・宮城内陸地震（マグニチュード7.2）は、図-1に示す防災科学研究所の強震観測網（Kik-net）の一関西 Iwth25 観測点で、南北動 1143gal，東西動 1433gal，観測史上最大の上下動 3866gal，合成で 4.0G を超える最大加速度の強震を記録した<sup>1)</sup>。今回の地震により、補強土壁の変状が多く確認されている<sup>2)</sup>。本報告における補強土壁は図-1の推定断層上に構築され、本震の震央から北西約4.5kmの地点に位置する。当該箇所における補強土壁の耐震設計は、中規模地震動を対象としていたが、今回の大地震は設計時の想定を大きく上回る地震動が当補強土壁に作用したものと推定される。

地震時に補強土壁の壁面が170mm程度前方へ変位し、一部の壁面材でひび割れや角欠けが発生、補強土壁と橋台のすり付け部に隙間が生じて、変形吸収層の単粒度砕石が流出するなどの事象が発生したが、地震後に実施した壁面変位の観測と2次元表面波探査の結果から、ジオグリッドにより補強された盛土体は安定した状態であると判断された。したがって、ジオグリッドにより補強された盛土体はそのまま、損傷を受けた壁面材のみの交換を行った。著しく変状した一般の補強土壁を補修・復旧工事する場合は、壁面材を含めた補強土を全て撤去しなければならず、多額の工事費と工期を必要とする。今回の補強土壁の補修・復旧工事は、二重構造の特長を生かして、安全・経済的かつ短工期の補修・復旧工事を行うことが出来た。ここでは、その補強土壁の変状の状況と、補修・復旧工事の状況の報告を行う。

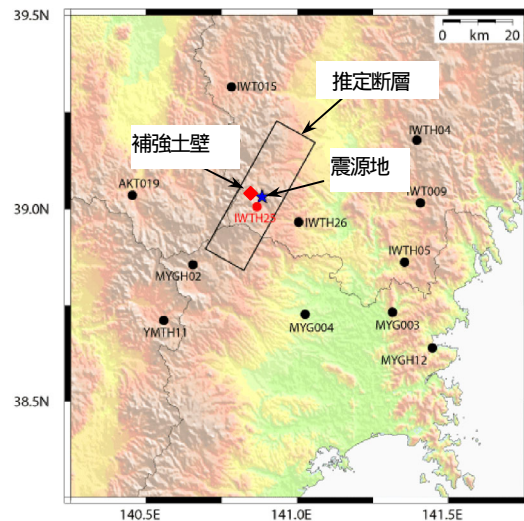


図-1 震源地と補強土壁の位置  
(防災科学技術研究所 Kyoshin Net から引用)

## 2. 補強土壁の構造<sup>3)</sup>

補強土壁の構造を図-2に示す。この補強土壁は、壁面材と補強盛土体の間に空間を設けており、施工時の締固めによる盛土の変形を十分に吸収し、壁面に荷重が伝えない二重構造である。この構造により、盛土の締固めを壁面近傍まで十分に行うことができることが最大の特徴である。壁面材は密に配置した繊維製ベルト（以下、壁面固定ベルト）により補強盛土体と一体化されており、補強盛土体はジオグリッドと拘束シート（不織布）により補強されている。補強土壁に使用するジオグリッド<sup>4)</sup>を

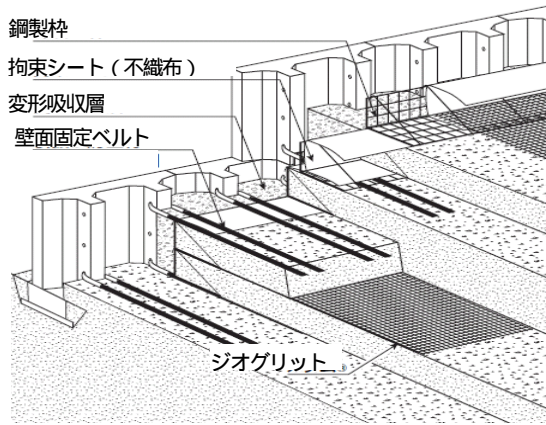


図-2 補強土壁の構造

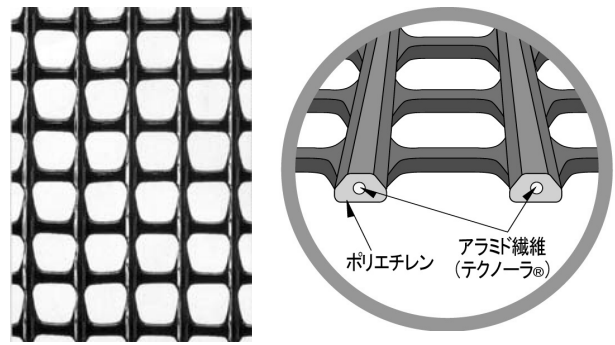


図-3 使用するジオグリッド

図-3に示す。

当補強土壁の二重構造の特長は以下のように挙げられる。一般の補強土壁は壁面材と補強材が直接に緊結されていることから、施工中には壁面材のはらみ出し現象や、壁面材近傍の転圧不足という問題が懸念される。それに対して当補強土壁は、二重構造であり、施工時に壁面材と補強盛土体の変形吸収のための空間があり、両者が完全に分離されている。この二重構造により補強盛土体を壁面材まで十分に転圧を行うことができる。今回の地震で、補強材と壁面材が剛結された一般の補強土壁は、連結部が破断し、変状・崩壊した事例が多数生じた。しかし、当補強土壁は壁面材と補強盛土体の連結材に柔軟な部材（繊維製ベルト）を使用しているため、補強盛土体の沈下による変形に追従でき、壁面材連結部に応力集中が生じることによる破断を防止できた。補強盛土壁は二重構造であるため、壁面材のみを取替える補修・復旧工事が可能となった。

### 3. 補強土壁の変状状況

#### (1) 路面と路肩の変状状況

当補強土壁は最大壁高10.6m、延長47.5mである。地震後の路面の状況を図-4中の写真-1~2に示す。補強土壁の補強領域内に、主に2条のクラックが発生した。切盛境界に沿って生じたクラックを写真-1に示す。このクラックを境目として地山側と路面側で最大200mm程度の上下のずれが見られた。道路の中心部に生じたクラックを写真-2に示す。このクラックは相対沈下がほとんどなく、開口のみで、幅は最大100mm程度である。接する通常の盛土（無補強）の路面の変状状況を写真-3に示す。生じたクラックの本数、形状と深さは、補強土壁の変状に比べて非常に大きい。

路肩の変状状況を写真-4に示す。独立防護柵は、地山側に倒れこむ変状が生じている。独立防護柵の位置は、当初の高さから約90mm回転沈下した。



写真-1



写真-2

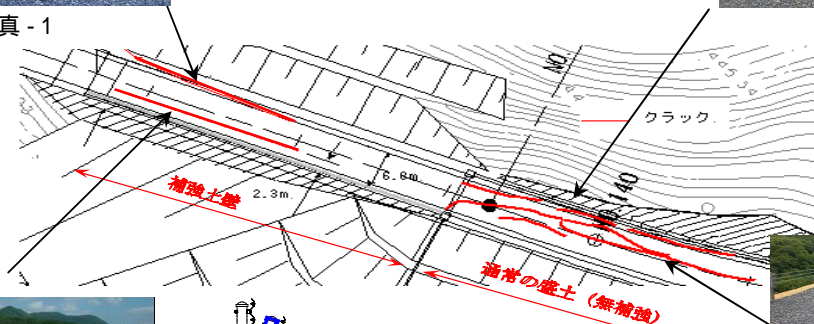


写真-4



写真-3

図-4 路面と路肩の変状状況(平面図)

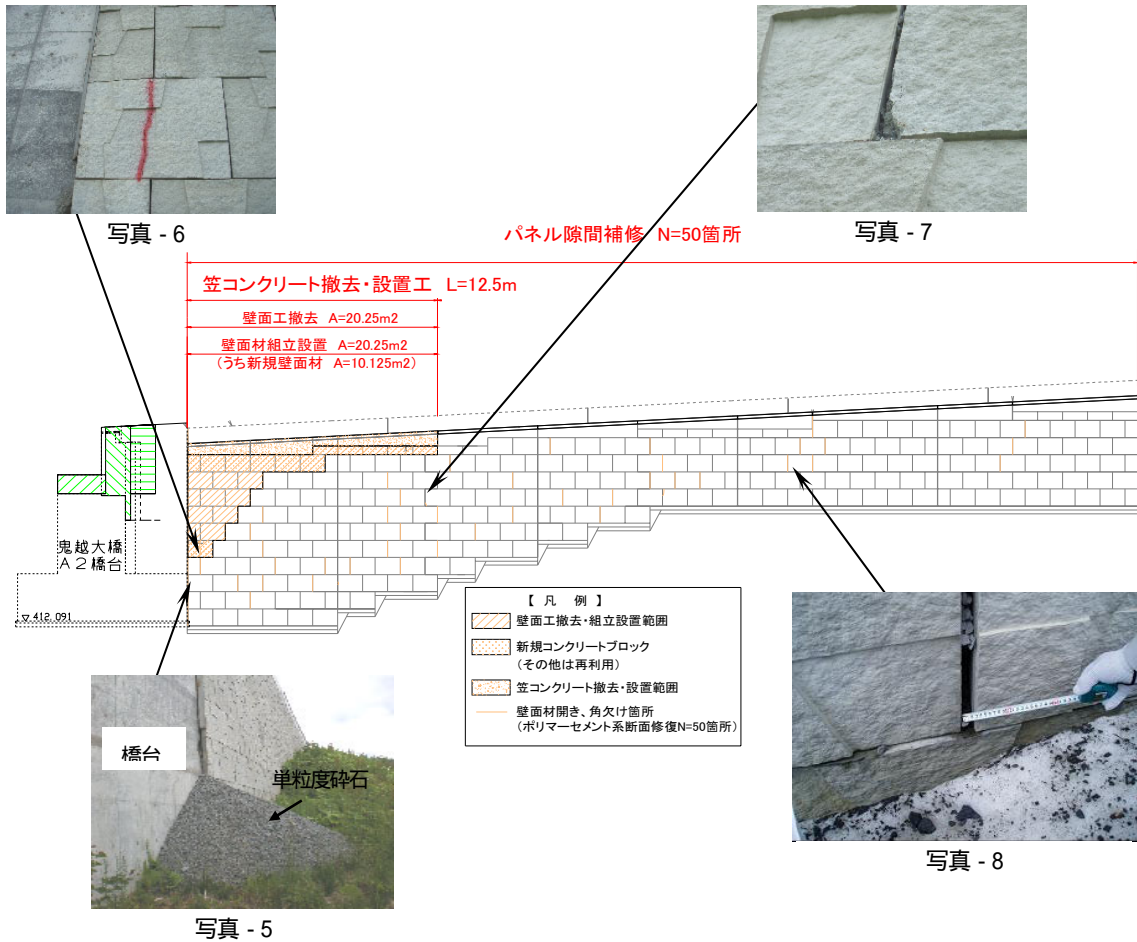


図-5 壁面の変状状況と補修・復旧工事の展開図

## (2) 壁面の変状状況

壁面全体の変状状況を図-5に示す。写真-5に示すように、補強土壁の壁面が最大170mm程度前方へ変位し、その結果、補強土壁と橋台のすり付け部に隙間が生じて、変形吸収層の単粒度碎石が流出した。一部の壁面材で、ひび割れや角欠けなどが発生した（写真-6、写真-7、写真-8）。

## (3) 補強土壁の周辺状況

補強土壁の前面の地山にクラックが数箇所発生した。クラックの幅は、最大150mm程度である。また、補強土壁に接する橋台の埋戻し土の境界に幅150mm程度のクラックが生じた。

## 4. 2次元表面波探査

補強土壁の補強領域の健全性を検証するため、地震発生から約1年後に、補強土壁の補強領域に対する2次元表面波探査を行った。

### (1) 探査原理と測定方法

2次元表面波探査は、弾性波探査の一種であり、

地盤の地表付近を伝わる表面波(レイリー波)を多チャンネルで測定・解析することにより、測線に沿った深さ20m程度までの地盤のせん断波速度を求めることができる。図-6に表面波探査の探査原理を示す。カケヤ等で地表面を加振すると弾性波が発生し、地中ならびに地表を伝播していく。不均質な地盤の表面付近を伝わる表面波は、その波長(周波数)によって伝播速度が変化する。一般の地盤では、深度とともに弾性波速度が増加するが、表面波は長い波長ほど深部の速度も反映するので、短い波長(高周波数)では速度が遅く、長い波長(低周波数)では速度が速くなる。この波長(周波数)による伝播速度の違いを逆解析することにより、不均質な地盤のせん断波速度を求めることができる。今回実施した探査手法では多数(24個)の受振器を用いる。測定は、受振器やケーブルの設置を行った上で、カケヤによる起振と同時に観測を行う。

受振器やケーブルの設置方法は、測線に設けた測量テープに沿って1m毎に受振器を地面に設置し、受振器と測定本部の測定器との間を多芯ケーブルで接続する。起振は2m間隔で、カケヤを用いて行う。

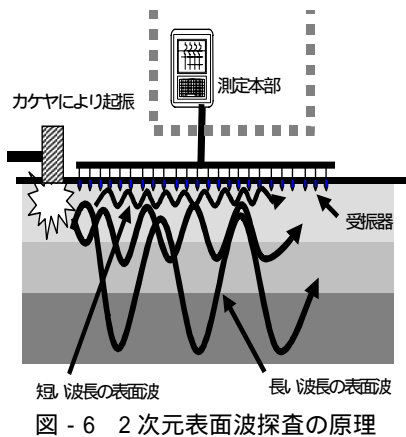


図 - 6 2次元表面波探査の原理



写真 - 9 計測状況  
(カケヤによる起振)

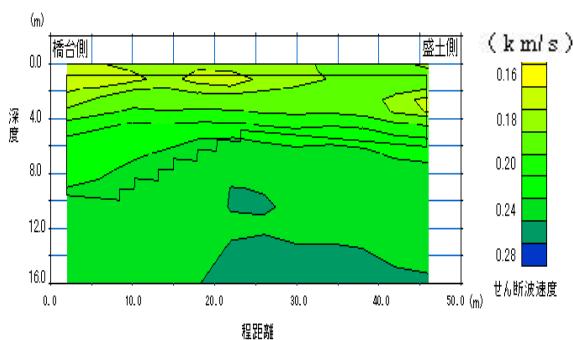


図 - 7 2次元表面波探査の結果  
(せん断波速度分布)

発生した弾性波は、地中を伝播し各受振器で受振される。各受振器で受振された振動は、受振器において電気信号に変換され、多芯ケーブルを介して測定本部の測定器に入り、適当な振幅に増幅されA/D変換された後、測定器に内蔵されているハードディスクに収録される。以上の測定を、所定の測線長の測定(2m間隔)が終了するまで繰り返す。カケヤによる起振を写真 - 9示す。

## (2) 探査結果

壁面と平行に設置した測線(壁面から3m)の探査結果を図 - 7示す。補強土壁の天端で、せん断波速度が180m/s程度の箇所があり、補強土壁の補強領域の大部分は220~260m/sである。道路橋示方書の換

算式(砂質土:  $V_s=80N^{1/3}$ )から、補強領域のN値は21~34程度と推定される。そのN値から推定される内部摩擦角( $=15+\sqrt{15N}$ )は32~37°であり、地震後の二重構造を有する補強土壁の補強領域は、せん断抵抗力の低下はないと判断された。

## 5. 補強土壁の補修・復旧工事

### (1) 概要

壁面材と補強材が剛結された一般の補強土壁では、連結部が破断したり、大きく変状した場合、補修・復旧するためには、壁面材を含めて、補強材の敷設領域まで、補強土を全て撤去し、補強土壁の再構築が必要になる。当二重構造を有する補強土壁の補修・復旧には、二重構造の特長を生かして、安全・経済的且つ短工期で行うことができる。当補強土壁は地震発生から約10ヶ月経過後も、2.での記述したような壁面の変状の進展は見られず、ジオグリットにより補強された盛土体を含めて、安定した状態であると判断された。したがって、ジオグリットにより補強された盛土体はそのまま、壁面材のみを取り外して、所定の位置へ再度設置する補修工事を行い、損傷した壁面材は新しいものに取替え、壁面材設置後、変形吸収層に砕石を投入することとなった。

### (2) 補修・復旧工事<sup>5)</sup>

補修・復旧工事の展開図を図 - 5に示す。補強土壁の右側の天端から1段目と2段目と7段目の損傷を受けた壁面材を取替えることとした。壁面材同士の開きと角欠け箇所については、ポリマーセメント系の材料を用いて断面修復を行った。

工事現場では、作業員3名で(世話役1名、運転手1名、普通作業員1名)一週間ほどかけて工事を行った。安全・経済的且つ短工期の補修・復旧工事ができた。

補修手順を以下に示す。 倒れ込んだ独立防護柵を撤去する(写真 - 10)。独立防護柵の本体は損傷せず、再度設置することとなった。 補強土壁の天端笠コンクリートを取壊す(写真 - 11)。 壁面材と補強盛土を繋ぐ壁面固定ベルトを切断する。 所定の位置まで壁面材を取り外し、損傷した壁面材を新しいものに取替える(写真 - 12)。 補強盛土内に残る壁面固定ベルトと壁面材を連結する(写真 - 13)。 所定の高さまで壁面材を取り付け、変形吸収層内に砕石を投入する。 天端笠コンクリートを再構築する。 撤去した独立防護柵を再度設置する。 補強土壁は壁面材と補強盛土体の連結材に柔な部材(繊維製ベルト)を使用しているため、補強盛土体の沈下による変形(250mm程度)に追従でき、壁面材連結部が破断することを防止できた。補修・復旧工事の完成後の状況を写真 - 14に示す。



写真 - 10 撤去した独立防護柵



写真 - 13 引抜け防止材の連結



写真 - 11 天端笠コンクリートの取壊し



写真 - 14 工事完成後の状況

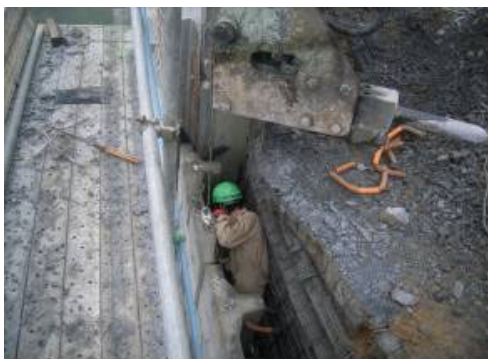


写真 - 12 壁面材の撤去

## 6. まとめ

平成20年の岩手・宮城内陸地震の断層上に位置していた二重構造を有する補強土壁は、上下方向にきわめて大きい地震動を受けた。しかし、その被害は橋台と壁面材間に隙間が生じたことにより、変形吸収層に投入されていた碎石が流出する程度の軽微なものであった。また、二重構造を有する補強土壁の補修・復旧工事において、二重構造の特長を生かして、安全・経済的且つ短工期の復旧工事ができた。今後、この二重構造を有する補強土壁の補修・復旧対策の工期をさらに短縮するため、施工方法の改良を行う予定である。

## 参考文献

- 1) 平成20年岩手・宮城内陸地震4学協会東北合同調査委員会：平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震災害調査報告書，2009年6月。
- 2) 秋田県雄勝地域振興局建設部：平成20年6月14日 岩手・宮城内陸地震による秋田県の被害状況，防災，第720号，pp.14-22，2009。
- 3) 吉田，荒井，辻，横田，竜田：二重壁構造をもつ垂直補強土擁壁の現場実験と数値解析，ジオシンセティックス論文集，第22巻，pp.213-218，2007。
- 4) 建設技術審査証明報告書(建技審証 第0120号)盛土補強用ジオグリッド「アデム。」Gタイプ，財団法人土木研究センター 平成14年12月。
- 5) アデムウォール(補強土壁)工法 設計・施工マニュアル，アデムウォール協会，平成20年6月