

# 2011年東北地方太平洋沖地震における地山補強土構造物 およびその周辺構造物の調査報告

Investigation report on the reinforced earth with nailing and the surrounding soil structures  
due to the 2011 off the pacific coast of Tohoku Earthquake

小高 猛 司 (こだか たけし)  
名城大学理工学部 教授

中野 正 樹 (なかの まさき)  
名古屋大学大学院工学研究科 教授

服部 啓 二 (はっとり けいじ)  
ヤハギ緑化(株) 取締役事業本部長兼設計部長

吉金 正 益 (よしかね まさえき)  
ヤハギ緑化(株)事業本部 次長

大塚 毅 (おおつか たけし)  
矢作建設工業(株) 東京支店 次長

長沼 明 彦 (ながぬま あきひこ)  
矢作建設工業(株)地震工学技術研究所 主席研究員

## 1. はじめに

本調査報告は、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震後の地山補強土構造物ならびに補強土壁構造物の状況を、地盤工学会の2次調査隊として現地調査したものである。調査日と場所は以下の通りである。

調査日：平成23年5月6日～7日

調査地：宮城県仙台市内～女川町内

いずれの調査地点においても、本震発生時には震度6以上であったと考えられ、我が国で施工されている地山補強土工法全体を見渡しても、このように強い震動をおよそ2分にわたり経験している事例は過去に無いため、今回の地震後の状況について、特に無被害事例も含めて正確に記録しておく必要がある。以下本報告では、宮城県内の地山補強土構造物の状況について、調査地点毎に周辺の被害状況を含めて調査した結果を示す。

## 2. 仙台市太白区八木山本町の事例

### 2.1 構造物の概要と調査結果

本地点の地山補強土工の全景を写真1に示す。当該地山補強土工の背後地には八木山動物公園が近接しており、既設道路の切土拡幅に伴う改変面積の減少を目的として、切土法面を急勾配化するために地山補強土工が施工されている途中であった。ただし、地震発生前から当該地山補強土工は施工休止期間に入っており、今回の調査時点においても休止中であった。調査時において、壁面勾配1:0.3、最大高さ約8m、施工延長約30mの地山補強土工が完成しており、今後は写真1の右側方向に延長されていく予定である。なお、当該地山補強土工の左端には既設の盛土補強土擁壁構造物(写真1の左端)が接している。また、この付近では地下鉄東西線の工事が進行中である。

当該地山補強土工の壁面には、プレキャストコンクリートパネル(約2m<sup>2</sup>/枚)が用いられている。本工法で



写真1 仙台市太白区八木山本町の地山補強土工



写真2 壁面パネルの状況

では、基本的にそれぞれのパネルの中心に、鉄筋補強材が1本ずつネイリングされている。本地点を含めて、以下に報告する地山補強土工はすべてこのタイプである。

目視による調査であるが、壁面パネルやパネル間のモルタル目地にクラックや開口等は認められなかった(写真2)。また、最も変状が心配されていた出隅箇所においても、クラックや段差等の発生は認められなかった(写真3)。なお、本地点の地山の土層状況は、写真4に示すように、上部が粘性土、下部は粘土混じり砂礫層であった。



写真3 出隅部の状況



写真6 盛土補強土壁のパネル端部の若干の損壊



写真4 切土中の地山の土層



写真7 盛土補強土壁の樹脂製棒状部材の破断

## 2.2 周辺構造物の状況

先述のように当該地山補強土工には、写真5に示すように盛土補強土壁構造物が左側に隣接している。調査時点においては、盛土補強土壁前面の歩道が簡易防護柵によって立入禁止処置がなされていた。写真5からわかるように、盛土と切土の境界部の盛土側の出隅部にあたる箇所において、パネル間の目地に若干の開きが発生していた。また、地震時にパネル同士が激しく接触したことにより、端部に若干の損壊が見られるパネル（写真6）や、おそらく位置決めのために上下のパネルを貫通して挿入されている直径1cm強の樹脂製の棒状部材が、上下パネル間のずれに伴い破断している箇所がいくつか見られた（写真7）。ただし、変状はわずかに留まり、構造物全体としての安定性は十分に確保されていた。



写真5 隣接する盛土補強土壁構造物

## 3. 仙台市泉区松森字後沢の事例

### 3.1 構造物の概要と調査結果

本地点における調査箇所の全景を写真8（上流側から撮影）と写真9（下流側から撮影）に示す。七北田川（二級河川）の右岸堤防道路の切土拡幅に伴い、背後地の民家への影響を避ける目的で急勾配の地山補強土工が施工され、2010年4月に竣工している。壁面勾配は1:0.3、最大高さ約6m、延長約50m程度である。

当該地山補強土工においては、壁面のプレキャストコンクリートパネルやパネル間のモルタル目地にクラックや開口は認められなかった（写真10）。壁端部から壁面全体を見通して見たところ、壁面パネルの横目地は全延長にわたって直線状態を維持しており、変状は認められなかった。

### 3.2 周辺の被害状況

当該地山補強土工の下流側に近接した道路では、道路幅の半分以上が砕石で応急復旧されていた（写真11）。また、この道路とほぼ同一断面にある河川護岸のコンクリート構造物が開裂しており、一部にクラックも見られた（写真12）。この状況から、地震によって円弧すべり状の崩壊が発生したものと推察される。すべり破壊の箇所のすぐ下流端には、写真奥に写っている樋門があり、すべり破壊した箇所は沢部の埋め立て箇所であることが推察される。また、河川敷を見ると、堤防法尻部の護岸下端に亀裂がみられ（写真13）、河川敷が側方流動したことが推察される。当該地山補強土工の真横にあたる辺



写真 8 仙台市泉区松森の地山補強土工（上流から）



写真 12 堤防のコンクリート護岸の損壊状況



写真 9 仙台市泉区松森の地山補強土工（下流から）



写真 13 堤防法尻に発生した亀裂

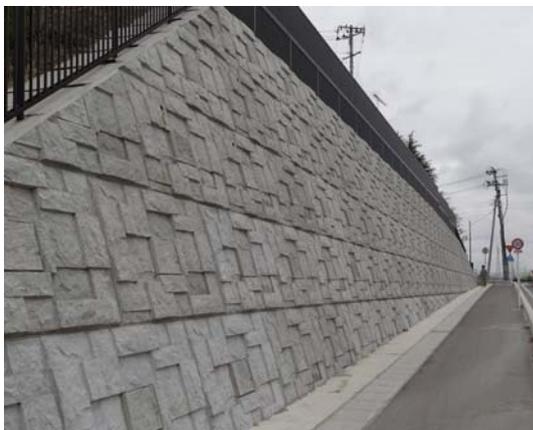


写真 10 壁面パネルの状況



写真 14 液状化による護岸の沈下



写真 11 下流側堤防道路のすべり破壊

りから上流側にかけての 20m あまりの区間においては、護岸が沈下して完全に水没している部分があり（写真 14）、河床が液状化したと考えられる。前述の河川敷の側方流動も液状化に起因すると思われる。

一方、当該地山補強土工の上流側に近接し、七北田川に架かる宝堰（たからぜき）橋の左右岸の橋台では、路面の段差補修跡とブロック積構造物の沈下（約 20cm）が認められた（写真 15）。なお、写真は当該地山補強土工から約 200m 離れた左岸側の歩道橋台付近の状況である。

さらに、同橋左岸側の交差点付近の道路面はアスファルト復旧されており、平坦な路面状態であるにもかかわらず、写真 16 のようにアスファルトとコンクリート柵と



写真 15 宝堰橋歩道橋の左岸橋台部の沈下



写真 16 宝堰橋の右岸側の変状



写真 17 地山補強土工の后背地に建つ民家

の開口や蓋の浮き上がりが見られた。これは、3月11日の本震で被災した道路面を応急復旧したものの、4月7日に発生した最大余震によって再度被災を受けた可能性が考えられる。また、当該地山補強土工の上部背後地にある民家の屋根がブルーシートで覆われており（写真17）、地震によって屋根瓦が被災したと思われる。

以上のように、当該地山補強土工の周辺では、今回の地震による被災や変状が至るところで確認でき、本震と余震による強い揺れがあったことが推察できる。



写真 18 女川町宮ケ崎の地山補強土工（下側から）



写真 19 津波遡上による水浸の痕跡（4月2日撮影）

#### 4. 女川町宮ケ崎の事例

##### 4.1 構造物の概要と調査結果

本地点では、道路新設に伴う掘割（切通し）箇所左右の切土面に地山補強土工が施工されている（写真18）。当該地山補強土工は、標高約14~24mの範囲に施工され、壁面勾配は1:0.5、最大高さ約9mであり、約10年前の2001年12月に完成している。

当該地山補強土工の位置まで、今回の本震に伴う大津波が遡上しており、およそ半分程度の高さまで水浸したことが、本調査団の大塚による4月2日の調査で判明している。写真19は、その際に写真17とほぼ同位置で撮影されたものである。津波により流されてきたと思われる乗用車が電柱に引っかかった状態のままになっており、津波の遡上高さとその威力を推し量ることができる。

今回の調査により、壁面のプレキャストコンクリートパネルやパネル間のモルタル目地にクラックや開口は認められず、当該地山補強土工の健全性は維持されていることが確認できた。しかし、最上段の壁面パネルの3カ所において、パネル中心にあるコンクリート製キャップが、外れ落ちていた（写真20）。このキャップは、鉄筋補強材を地山に挿入し壁面パネルに緊結した後に、その箇所へ蓋としてモルタルで接着しているものであり、約30cm四方の大きさのコンクリート板である。本震後の4月2日の調査では、そのキャップの離脱は確認され



写真 20 最上段パネルでのキャップの離脱



写真 21 下側に近接したマンションの被災状況



写真 22 地山補強土工後背地の墓地での墓石の倒壊



写真 23 津波によって水没した高機能盛土

ておらず、女川原発で震度 6 強を記録した 4 月 7 日の余震時に外れたものと考えられる。ただし、鉄筋補強材自体が抜け出すなどの変状は一切見られず、最も揺れが増幅された法面最上段において、接着力の経年低下も起因して、キャップ単体が外れたものと推察される。

#### 4.2 周辺構造物の状況

当該地山補強土工に近接したマンションの 3 階部分までが被災しており（写真 21）、津波の圧倒的な遡上高さを再確認した。また、当該地山補強土工の背後地には墓地があり、ここでは各区画で墓石の倒壊（写真 22）や回転が認められた。写真 23 は写真 21 の下方に写る盛土道路を下側から見たところである。プレキャストコンクリートブロックを積み上げた形式の高機能盛土であり、本震、余震の強震動や津波による水没を経ても、変状は認められなかった。

### 5. 福島県須賀川市芦田塚の事例

本章では、本調査団の服部が 4 月 14 日に別途実施した福島県での調査事例を紹介する。写真 24 は全体が同一の既設盛土である。写真の右側は地山補強土工法によって耐震補強されていたが、中央部に見える出隅部は重力式擁壁であり、左手はブロック積み擁壁である。写真の左右にかけて盛土法面は直角よりやや緩やかにカーブしている。同じ盛土内でも、無対策の重力式擁壁とブロック積み擁壁の上部には円弧状のすべり崩壊が発生しており、全体にブルーシートがかけられていた。一方、耐震補強区間の法面には一切変状は見られず無被害であった。本事例は、地山補強土工が既設盛土の耐震化にも有効であることを端的に示している。



写真 24 地山補強土工法により耐震補強された既設盛土

#### 5. おわりに

本調査は地山補強土工法を中心に実施した。全体の施工実績の中ではわずかに数例ではないが、地山補強土のような高機能構造物は、今回の地震でも被害はほとんど見られないことが示された。また、その周辺にある盛土補強土壁や高機能盛土なども、安定性はそれぞれ十分に保たれていた。結果として今回は、ほぼ無被害の補強土構造物ばかりの調査となったが、現状の地盤工学の技術レベルがどれだけ今回の地震に有効であったのか記録にとどめることも必要と考え、本報告書を記した。

最後になりましたが、今回の震災でお亡くなりになられた方々に心から哀悼の意を表しますとともに、被災された皆様に衷心よりお見舞い申し上げます。