盛土法面補強工事の試験施工

前田工織（株）	横田善弘
前田工織（株）	河合 寿
東京工業大学	太田秀樹
金沢大学	山上尚幸

概 要

近年、限られた用地を最大限に利用できる盛土の急勾配化が必要とされている。急勾配化をはかる方法としては、盛土内にジオシンセティックスや鋼材を入れる盛土補強工法が知られている。これらは、法面近傍においてジオシンセティックスと壁面材で土を拘束する考え方である。この効果をさらに向上させる方法としては、ジオシンセティックスに垂直な方向に圧縮力プレストレスを加える方法がある。土の拘束効果が飛躍的に高まり、補強土の靱性が向上する。そこで、著者らは盛土法面工事を対象とした試験盛土工事を実施した。盛土法面部に反力板を複数層設置し、反力板と反力板をアンカー材により連結する多段式盛土を構築した。ここでは、形状が異なる反力板を用いて施工を行い、拘束効果や施工性などの確認を行った。

A Test Construction of Embankment Slope Stabilization by Geosynthetic Reinforcement

Yoshihiro Yokota,	MAEDA KOSEN CO. LTD.
Hisashi Kawai,	MAEDA KOSEN CO. LTD.
Hidecki Ohta,	TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY
Takayuki Yamagami,	KANAZAWA UNIVERSITY

ABSTRACT

This paper describes a test embankment where the geosynthetic-reinforcement is employed to stabilize the slope of embankment. In this site, pre-stressed steel bars were installed in the perpendicular direction to the geosynthetics stratiformly placed, expecting the gain of confining effect for soils which resulted in increasing the toughness of the soil structure. Several different reinforcement patterns with the pre-stressed steel bars were constructed. The gain of confining effect was examined and the stability of the slope was discussed. This paper presents a new method to stabilize the slope using the geosynthetic-reinforcement.

盛土法面補強工事の試験施工

前田工織（株）	横田善弘
前田工織（株）	河合 寿
東京工業大学	太田秀樹
金沢大学	山上尚幸

1. はじめに

近年、施工を行う地形条件が厳しく、沢地形の急傾斜の斜面上に盛土を行う場合が多くなっている。従来から安定勾配とされている法面勾配1割5分あるいは1割8分で盛土を行う場合、長大盛土法面が発生する結果となる。そのため、施工領域（用地面積）が大きく広がり、自然環境を破壊することから、限られた用地を最大限に利用できる盛土の急勾配化が必要とされている。

盛土の急勾配化をはかる工法としては、盛土内にジオシンセティックスや鋼材などの引張補強材を多層あるいは複数水平方向に配置する盛土補強工法が知られている。しかし、盛土高さが高くなる場合や急勾配化により、盛土や盛土法面表層部の変形とすべりが発生しやすくなる。特に、施工上から壁面工近傍あるいは盛土法面部の転圧が不足しやすくなるため、盛土構築後における盛土法面部に設置した壁面材の沈下や傾倒などが懸念される。また、盛土法面表層部は、降雨浸透水や地震の影響を受けやすいことなどから、盛土の安定上あるいは永久構造物としての信頼性の得るためにも壁面工あるいは盛土法面部の補強が重要となる。

ここでは、一般的な盛土補強工法を壁面工のタイプごとに分類し、厳しい用地条件や盛土条件などに対応できる安定性・信頼性の高い盛土法面補強工法を提案する。法面近傍においてジオシンセティックスと壁面材が土を拘束する効果を利用したものであり、この効果をさらに向上させる方法として、ジオシンセティックスに垂直な方向に圧縮力プレストレスを加える方法がある。土の拘束効果が飛躍的に高まり、補強土の靱性が向上することが知られているが、盛土法面部に使用された例はない。そこで、試験盛土として、盛土法面部に反力板を複数層設置し、反力板と反力板をアンカー材により連結する多段式盛土を構築した。また、形状が異なる反力板を用い、施工性などの確認も行った。

2. 盛土補強土工法における従来の法面処理方法

盛土補強土工法における法面部の代表的な処理方法として壁面材が用いられる。ここではその機能と構造上の条件について述べる。

（1）壁面材の機能

盛土補強工法の壁面材のタイプとしては、下図に示すようなパネルタイプとブロックタイプに分類される。各々の壁面材としての効果は異なるが、壁面材としての役割は盛土がせん断破壊あるいは変形を生じないための拘束圧（側圧）を与えることである。

従って、盛土の規模（高さ、土質など）によって壁面材（盛土法面補強構造体）に要求される機能である曲げ剛性、たて剛性、重量効果などが決定される。

表 2 - 1 壁面材の分類

タ イ プ	効 果	種 類
パネルタイプ	曲げ剛性、せん断抵抗力	テールアルメ，多数アンカー
ブロックタイプ	たて剛性、重量、せん断抵抗力	大型ブロック積み工法など

図 2 - 1 パネルタイプの作用土圧

図 2 - 2 ブロックタイプの作用土圧

(2) 代表的な補強土工法の壁面材について

テールアルメ工法，多数アンカー工法，ジオグリッド工法などの従来の補強土工法の場合、想定した直線あるいは円弧すべり面のすべり力に対し、引張補強材のみで抵抗する考え方が採用されている。これらの従来工法においては、盛土の規模により壁面材を使い分けことなく、一種類の壁面材で対応しており、壁面材の効果を期待せずに設計を行っている。

R R R工法（Reinforced Railroad With Rigid Facing Method）の場合、ジオグリッド工法に最低厚さ30cmの現場打ちコンクリート擁壁を使用し、直接設計上反映されていないが、壁面材の曲げおよびたて剛性、せん断強さと重量効果を考慮し、補強材の敷設長を短くする概念を採用している。ただし、盛土高さ10mを限度としている。

また、NCMA（National Concrete Masonry Association）によるブロック積み式補強土壁の場合、ジオグリッド工法にコンクリートブロックを併用し、壁面材の重量効果を期待し、設計を行っている。

(3) 新しい法面補強工法の構造上の条件

盛土高さが高くなる場合、壁面に作用する土圧も大きく、壁面材の負担も非常に大きくなる。したがって、壁面材が十分な側圧として機能し、盛土法面を十分に拘束するためには、壁面材の持つ曲げ剛性およびたて剛性、重量効果、せん断抵抗力などが同時に発揮できる盛土法面補強工法が必要となる。

3. 新しい盛土法面補強工法の考え方

(1) 構造効果

盛土法面部の各層において、反力板とアンカー材にて盛土材に圧縮力を与える。これにより、施工後の圧縮あるいは圧密沈下量を減じ、盛土法面部の変形を抑制するとともに盛土法面表層部に見かけの粘着力を発生させ、せん断抵抗力を増加させる。

また、反力板と圧縮材にて圧縮力プレストレスを受け拘束効果が向上した盛土の補強領域は、一体化した土の疑似的な擁壁となり、大きな曲げ剛性と重量効果を得る。特に、法勾配がある場合は、疑似的なもたれ擁壁として働き、重量効果により盛土のすべり力を低下させる。

これらの効果により、ジオシンセティックスの敷設長さを短くすることあるいは必要引張強度を小さくすることができ、結果的には経済性を向上させることができる。

図 3 - 1 構造効果

図 3 - 2 概略構造図

(2) 形状効果

反力板と壁面材の組み合わせにより盛土の形状を種々に変化させることができる。これにより、周囲の状況（景観）に合った法面勾配を創り出すことができる。さらに多段式形状盛土を基本とすることから、植栽および植生による緑化が可能であり、自然環境の保護の点においても優れている。

従来の多段式盛土の場合、盛土の変形にともなう壁面材の沈下・変形が懸念されるが、この法面補強構造体の場合には、反力板と壁面材が一体化することから沈下・変形を防止することができる。

図3-3に施工手順を示す。

図3-3 作業手順

4. 試験盛土

(1) 試験の目的

プレストレスの効果を利用した盛土補強工事としては、財団法人鉄道総合技術研究所によって実施された例がある。これは、プレストレスを加えることにより鉛直荷重に対する盛土の剛性の向上をはかり、盛土による橋台および橋脚の工事を実際に行なったものである。

プレストレスの効果としては、補強盛土部の曲げ剛性の向上、補強効果（拘束効果）の向上による補強領域の一体化などが考えられる。しかし、実際の盛土法面工事における施工例がなく、施工方法が十分に確立されていない。そこで今回の試験盛土では、盛土法面部に圧縮力プレストレスを導入した場合、実際の施工上においてどのような問題点が生じるか確認することを目的とする。

試験盛土のポイントとしては、以下の点が考えられる。

- ①反力板の施工性とその効果
- ②盛土方法（まき出し、転圧方法）
- ③プレストレス導入方法（一本当たり5トンのプレストレス）

(2) 試験の概要

市販されている3種類のコンクリート二次製品を反力板に用いた。これらに各々異なる壁面材を組み合わせ、盛土高さ2mの多段式盛土を構築した。

試験概要を表4-1に示す。また、図4-1に平面図を、図4-2～図4-4に反力板ごとに分けたA、B、C工区の断面図を示す。

表 4 - 1 試験概要

項 目	形状および条件		備 考
高 さ	2.0 m		
盛土材	砂質土		
反力板	A工区 B工区 C工区	巾40 cm, 高さ25 cm, 長さ240 cm 巾20 cm, 高さ20 cm, 長さ220 cm 巾300 cm, 高さ20 cm, 長さ200 cm	方格材 ダム枠材 6㎡法枠
壁面材	A工区 B工区 C工区	コンクリートL型擁壁 (高さ1 m×幅2 m) 植生土のう 法面ユニット(3分勾配 高さ0.5 m×幅1.2 m)	
アンカー材	M20		
補強材	ジオシンセティックス F-80

図 4 - 1 平面図

図 4 - 2 F - 80 の強伸度特性

図 4 - 3 断面図(A工区)

図 4 - 4 断面図(B工区)

図 4 - 5 断面図(C工区)

盛土材料は山砂で、90kgのプレートコンパクターを用い25cm厚さで敷き均し・転圧を行った。盛土材料（山砂）の特性を表4-2に示す。

表 4 - 2 盛土材料の特性

湿潤密度	ρ_t	1.8 tf/m ³
粘着力	c d	4.0 tf/m ²
せん断抵抗角	ϕ_d	37.0 °
最適含水比	Wopt	20.0 %
最大乾燥密度	ρ_{dmax}	1.59 tf/m ³

(3) 試験結果

①反力板の施工性とその効果

方角材タイプのA、B工区に比べC工区の法枠タイプは、ネジ鋼棒の通しが手間をとると考えたが、施工性に問題なかった。

写真 4 - 1 反力板設置状況

②盛土方法（まき出し、転圧方法、壁面材の設置）

バックホウで土のまきだしを行い、プレートコンパクターにて転圧を行ったが、ネジ鋼棒の間隔が1mであることから、施工は良好であった。

写真 4 - 2 転圧状況

写真4-3 壁面材設置状況

③プレストレス導入方法（一本当たり5トンのプレストレス）

2連式の油圧ジャッキを使用した。当初、1本の方角材に2箇所同時に圧力をかけると反力板が沈下し、法面側が大きく沈下するため、中央の1箇所にて約10tonの圧縮力プレロードをかけて作業を継続した。

写真4-4 プレストレス導入状況

C工区の6m法枠は、プレストレスを加えてからクラックが生じた。

写真4-5 反力版の状況

写真4-6 施工完了

5. おわりに

今回の試験施工では、施工面積が小さいため、実際の工事において施工性が良いかどうか明確には判断できないが、新しい盛土法面補強工法として施工が可能であることが確認できた。

今後は、圧縮力プレストレスによる拘束効果の向上の確認を行いたい。特に、圧縮力プレストレスを保持するための工夫として、バネあるいはゴムの利用を検討していきたい。また、施工性の向上をはかるために、反力板の軽量化やプレストレスをかける方法などの改良を行っていきたい。

最後に、盛土法面補強工法の特長をまとめるものとする。

- ①大規模な高盛土の場合、従来の盛土補強土工に比べ安価となる。

見かけの粘着力によるせん断抵抗力の増加や盛土法面の一体化による疑似擁壁の重量効果によるすべり力の低下により、ジオシンセティックスの敷設長さを短くすることあるいは必要引張強度を小さくする。

- ②大規模盛土においても永久構造物としての信頼性が高い。

大規模盛土においても盛土法面表層部の変形やすべりが防止され、安定性・信頼性の高い構造物を構築することができる。

- ③植栽あるいは植生により緑化ができ、自然環境保護および景観の点に優れる。

多段式形状盛土を基本とすることと種々の壁面材を使用し盛土を構築することから、植栽および植生による緑化が可能であり、自然環境の保護の点においても優れている。

- ④現地発生材を盛土材として利用できる。

引張補強材を全面敷設し盛土内に多層配置するジオシンセティックスと併用することから、基本には現地発生材を用いて盛土を行うことができる。

- ⑤建設残土の処理を行える断面を選定できる。

景観に合った法面勾配を創りだすとともに建設残土の処理を考慮した断面を選定することができる。

- ⑥基礎地盤の変形にも追従しやすい構造である。

基礎コンクリートなどを必要としないことと一体化された盛土法面部がコンクリート擁壁のような剛構造物ではないことから、基礎地盤の変形に対しても十分に追従することができる。

参考文献

- 1) 前川、平田、山上、森影、横田、太田：ジオシンセティックス補強盛土の現場実験、
—予備実験、予備解析—
第32回地盤工学研究発表会講演集, pp. 2537～2538, 1997 年
- 2) 森影、太田、飯淵、河合：ジオシンセティックスで補強した試験盛土の破壊実験報告,
土木学会第52回年次学術講演会概要集, pp. 554～555, 1997 年