改良土とジオグリッドを組み合わせた補強土壁 の施工事例と現場計測結果

伊藤秀行¹・齊籐知哉²

筆者らが開発を進めてきた改良土（短繊維混合安定処理土）とジオグリッドを組み合わせた補強土壁に関しては、既に本シンポジウムおよびジオシンセティックス技術情報誌でも何回か技術的検討内容について発表しており、施工実績も20例を越えた。そこで今回は特徴的な施工事例を紹介するとともに、原位置において各種計測を行ったデータならびに原位置で行った改良土中のジオグリッドの引張り試験等について報告する。

キーワード：改良土、ジオグリッド、施工事例、現場計測

1. はじめに

改良土（現地発生土にセメント系固化材と短繊維を混合し、必要強度 $c=100\sim500\text{kN/m}^2$ とする）¹⁾とジオグリッドを組み合わせた補強土壁工法（図-1）は本報文で紹介する最初の本格適用から約3年半で22例の施工実績となっている（2004年8月現在）。

この間、地震時挙動の把握のための遠心模型による耐震実験²⁾などを進めると同時に、現場での計測データも蓄積してきた。そこでここでは、現場での各種計測データや原位置で行った改良土中のジオグリッドの引張り試験および特徴的な施工事例を紹介する。

図-1 工法概念図

表-1 工事概要および補強土壁概要

工事名	ダム建設工事 骨材投入設備
工事場所	岡山県上房郡賀陽町地内
施工期間	平成13年1月～平成13年2月
工事内容	骨材投入設備工事一式
補強土壁の規模	施工延長=28m 最大高さ=5.5m 壁面積=155 m ²
盛土材	岩塊混じり粘性土
改良土	対象土：砂質土（現場内発生土） 固化材：高炉セメントB種 混合量：設計=60kg/m ³ ↓（割増し係数=1.4） 現場=84kg/m ³
ジオグリッド	テンサーSR35HB
計測項目	鉛直土圧—パネル下、改良土下 水平土圧—パネル裏、改良土裏 ジオグリッドひずみ

2. 現場計測および原位置実験

(1) 施工事例①（水没事例）

a) 施工概要

適用現場は岡山県のダム建設現場であり、工事中は骨材投入設備として使用され（写真-1）、工事完了後の現在はダムの整備用道路の一部として供用されている（写真-2, 3, 4）。場所はダム湖内であり、一時的に水没するため、設計では盛土に残留水位が残った状態の設計を行った。図-2 に適用断面を示す。表-1 に工事概要と補強土壁の概要を示すが、施工概要については別紙³⁾に取りまとめている。

b) 計測結果および考察

図-3 に供用中および工事完了後の各土圧の経時データを示す。図-4 には各土圧とジオグリッドに発生するひずみを断面的に経時日毎にまとめる。これより以下の点が確認できた。

¹正会員、大日本土木株式会社 土木本部エンジニアリング部（〒160-0023 東京都新宿区西新宿6-16-6 タツミビル5F）

²正会員、大日本土木株式会社 土木本部エンジニアリング部（〒160-0023 東京都新宿区西新宿6-16-6 タツミビル5F）

- ・壁面パネルには施工中も含めほとんど土圧は作用しない。水位に応じた土圧のみが発生している。
- ・ジオグリッドには全般に引張りひずみが発生し、引張り補強材として機能していることが伺える。これは水位上昇時においても改良土およびパネルの水平土圧が静水圧分上昇するだけでジオグリッドのひずみには大きな変動はない。水位変動時においても影響はない。

図-2 水没事例適用断面

図-3 供用中及び工事完了後各種土圧経時データ

図-4 土圧およびジオグリッドのひずみ

写真-1 施工中（骨材投入設備：2001. 5～2002. 10）

写真-2 工事完了後（管理用道路）

写真-3 工事完了後（水没時：2003. 5. 18）

写真-4 工事完了後（水位低下後：2004. 3. 22）

(2) 施工事例②（原位置実験）

a) 施工概要

本工事は金沢東部環状道路事業の一環で、月浦IC（仮称）建設工事に一部適用した事例である。工事概要を表-2に、図-5に補強土壁の代表断面図を、写真-5に完成状況を示す（施工概要については別紙³参照）。

b) ジオグリッドの現地ひずみ計測

本現場では補強土壁中の応力状態の定量的な確認を行うことを目的としてジオグリッドのひずみ計測を行った。表-3に施工中および施工完了後を通じて計測されたジオグリッドのひずみの引張り側の最大値とそのひずみから算出される引張り力⁴ならびに設計時に算定されるジオグリッドに作用する引張り力（常時、地震時）を示す（2004.6現在）。これより、常時において実際にジオグリッドに作用している引張り力は、設計値に比較してかなり小さい値であることがわかる。これは、改良土による壁体の自立性が高いことの影響によるものと考えられ、背面の盛土の変位量が小さく、結果的にジオグリッドの引張り力も小さくなっていると考察される。

表-3 実測値と設計値の比較

ジオグリッド番号 (設計における)	計測用 ジオグリッドNo.	実測最大値（引張り側）		設計引張り力（kN/m）	
		引張り力 (kN/m)	ひずみ（%）	常時	地震時
1	ジオグリッド-9	1.56	0.11	7.38	28.05
2	—	—	—	7.61	19.09
3	ジオグリッド-7	0.63	0.04	10.54	20.40
4	—	—	—	13.47	21.70
5	ジオグリッド-5	0.28	0.02	16.41	23.01
6	—	—	—	19.35	24.31
7	ジオグリッド-3	5.13	0.28	22.29	25.62
8	—	—	—	25.23	26.93
9	ジオグリッド-1	0.90	0.05	21.13	21.17

c) ジオグリッドの引抜き試験（原位置試験）

改良土中のジオグリッドの定着力について、現場で施工された状態での定着力の定量的な確認を行うことを目的として現場引抜き実験を行った。図-6に実験方法の概略を示す。ジオグリッドは実際の敷設と同様、改良土中に1.8m敷設し、幅は50cmとした。そのジオグリッドの端部に引抜き用治具（連結金具、ロードセル〔はかり〕、チェーンブロック）を連結し、さらに反力用の重機に接続する。写真-6に試験状況を、表-4に実験ケースを示す。実験ケースは3ケースとし、パラメータは上載盛土高さ（上載荷重）とする。改良土の養生⁵は供試体作製後一週間とした。図-7に現場引抜き実験結果を示す。なお、実験結果は1m幅あたりの引抜き荷重に換算したものである（実際の試験は50cm幅で実施）。Case No. 1～No. 3のいずれも引抜き変位の進行とともに引抜き荷重（引抜き抵抗力）が増加し、引抜き荷重が約40kN/mに達した時点で、ジオグリッドと連結部材の連結部分で破断した。今回使用したジオグリッドは設計引張強さ $T_d=30\text{kN/m}$ （最大引張強さ $T_{\max}=50\text{kN/m}$ ）であり、結果として、[改良土中へのジオグリッドの定着力]>[設計引張り強さ： $T_d=30\text{kN/m}$]>[設計より求まるジオグリッドに作用する最大引張り力： $T_{i_{\max}}=28.05\text{kN/m}$ （最上段）]を確認できた。

表-2 工事概要および補強土壁概要

工事名	一般国道8号金沢東部環状道路事業
工事場所	石川県金沢市月浦町地内
施工期間	平成14年10月～平成15年2月
工事内容	道路改良工事一式
補強土壁の規模	施工延長≒90m 最大高さ≒9.8m 壁面積≒800m ²
盛土材	砂質土
改良土	対象土：砂質土 固化材：六価クロム対応型セメント系固化材 混合量：設計≒59kg/m ³ ↓（割り増し係数=1.3） 現場≒73kg/m ³
ジオグリッド	テンサーSR55HB, SR70HB
計測項目	ジオグリッドひずみ
原位置試験	改良土中のジオグリッドの定着力確認試験（引抜き試験）

図-5 代表断面図

写真-5 完成状況

図-6 現場引抜き実験方法

写真-6 原位置引抜き実験状況

3. 施工事例

(1) 施工事例③

本事例は北陸地方の国道を横断するためのボックスカルバートのウイング部分に適用された事例である。本事例の特徴は盛土材料と断面形状にある。盛土材料は細粒分含有率=52.5%，自然含水比 $\omega_n=43.8\%$ ，液性限界 $\omega_L=67.6\%$ の火山灰質粘性土であり，設計定数としては， $\rho_t=1.7t/m^3$ ， $c=10kN/m^2$ ， $\phi=17.9^\circ$ が与えられていた。改良土もこの火山灰質粘性土を改良するため，目標強度 $q_u=350kN/m^2$ に対し事前の配合試験の結果，固化材（高炉セメントB種）の混合量は設計混合量=218kg/m³，現場混合量=284kg/m³（割り増し係数=1.3）となった。施工中の品質管理として現場混合された改良

表-4 実験ケース

Case	上載盛土高さ	備考
No. 1	0.5m (0.5-1)	
No. 2	0.5m (0.5-2)	No. 1 と同条件
No. 3	1.0m

図-7 引抜き実験結果

写真-7 施工事例③（完成状況）

図-8 施工事例③（展開図，横断面）

写真-8 施工事例③施工状況 (左: 改良土攪拌混合 中: ジオグリッド敷設 右: 改良土敷均し)

土を採取して作製した供試体の一軸圧縮試験 (本数: $n=20$ 本) では、平均で $q_u=880\text{kN/m}^2$ となっており、十分な強度が発現していることを確認している。一方、適用断面が最大壁高 $\approx 7.1\text{m}$ に対し、道路幅 7.7m で両サイドの壁面距離にしても 8.7m と狭く、両サイドの断面がセンターで重なってしまう。このため、本断面では補強材 (ジオグリッド) を共有することとした。

(2) 施工事例④

本事例は北海道での初めての適用であり、凍上防止対策として改良土に碎石を用いた事例である。また、壁面パネルも従来のタイプより大幅に軽量化した新型のパネルを適用し、施工性などを確認した。図-9に適用断面図を示す。

a) 碎石による改良土

碎石としてはC-40を用いたが、粒径が大きく細粒分が少ない碎石でも適切な水分を与えることで十分な強度が発現することは事前の強度試験で明らかとなっていた⁹。このため、改良土の必要強度に対して固化材 (高炉セメントB種) の設計混合量は最低混合量として設定している 50kg/m^3 とし、現場では割り増し係数 $=1.3$ として 65kg/m^3 の混合量とした。水分は碎石の含水比が 5% 以上となるように混合時に散水して調整した。混合状況を写真-9に示す。なお、写真にあるように本現場では、改良土の攪拌混合の品質向上を目的にバケットミキシングタイプの混合機を試験的に導入した。バケットミキシングタイプの混合機による改良は、バックホウ混合に比べて少ない混合時間で高い均一性が得られることが確認できた。それぞれの混合方法で改良された改良土を採取して作製した供試体 (直径 $10\text{cm} \times$ 高さ 20cm : 10本ずつ) の変動係数をみると (強度の絶対値はどちらも十分満足している)、バックホウ混合では変動係数 $=0.24$ であったものが、バケットミキシングでは混合時間を $2/3$ 程度としたにもかかわらず 0.12 と半減した。

図-9 施工事例④ (横断面図)

写真-9 施工事例④
(碎石の混合状況: 散水, バケットミキシング)

図-10 パネル比較

写真-10 新型パネル背面

写真-11 新型パネル補助アンカー設置状況

写真-12 改良土転圧状況

写真-13 ジオグリッド敷設状況

写真-14 施工状況

写真-15 完成状況

b) 軽量型パネル

図-10に新旧パネルの比較を示す。質量は旧型が約 380kg/m^2 であったのが新型では 220kg/m^2 と約58%に軽量化した。施工性や施工中のパネルの安定についても何ら問題なく施工は進められた。写真-10～15に施工状況を示す。

4. まとめ

新しいタイプの補強土である改良土とジオグリッドを組み合わせた補強土壁の施工事例の一部を紹介したが、その他の事例も含めすべて安定的に供用されていることを確認している。この間、本工法の特性をより活かせるように壁面パネルの薄型化軽量化を試行し、部材のコストダウンを図るとともに、原位置での計測結果などから、改良土の幅やジオグリッドの敷設長の設計方法にも検討の余地があるものと考えている。

一方、本工法の安定性は改良土の品質によるところが大きいので、施工においてもより攪拌混合性の高い方法を導入するとともに、改良土の品質管理方法について、より合理的で確実な方法を提案していきたい。

参考文献

- 1) 伊藤秀行, 斉藤知哉, 桑野二郎, 井沢淳: 改良土とジオグリッドを組み合わせた補強土壁の開発, ジオシンセティックス技術情報Vol. 19, No. 3, pp. 42-49, 2003.
- 2) 斉藤知哉, 伊藤秀行, 桑野二郎, 井沢淳: 改良土とジオグリッドを組み合わせた補強土壁の遠心振動台実験, ジオシンセティックス論文集第17巻, pp. 5-12, 2002.
- 3) 伊藤秀行, 倉知洋行, 斉藤知哉, 桑野二郎, 井沢淳: 改良土とジオグリッドを組み合わせた補強土壁の現場適用, ジオシンセティックス技術情報, Vol. 20, No. 1, pp. 10-17, 2004.
- 4) 倉知洋行, 伊藤秀行, 谷津淳, 弘中淳市, 木村敏隆, 安宅勘一郎: 改良土とジオグリッドを組み合わせた補強土壁の施工事例(その2)ージオグリッドのひずみ計測と現場引抜き実験ー, 土木学会第58回年次学術講演会VI-230, pp. 459~460, 2003.
- 5) 伊藤秀行, 弘中淳市, 谷津淳, 鈴木輝之: 改良土とジオグリッドを組み合わせた補強土壁の凍上対策ならびに寒冷地施工に関する検討, 地盤工学会北海道支部年次技術報告集, pp. 287-292, 2004.

IN SITU CONSTRUCTION AND MEASUREMENTS OF NEW TYPE OF GEOGRID-REINFORCED RETAINING WALL COMBINED WITH SOIL CEMENT AND FIBER

Hideyuki ITO, Tomoya SAITO

The new type of geogrid-reinforced soil wall combined with soil cement has been developed in recent years and the details are reported in IGS Symposium and Geosynthetics Technical Information. This method was applied at more than 20 construction sites until now. In this paper some of them were introduced and measurement data obtained in situ were reported. Moreover, the pullout tests of geogrid were conducted and results of it were described.