

平成23年9月1日

サムシングホールディングス株式会社

平成23年8月24日から開催された日本建築学会大会で、当社子会社(株)サムシング技術部は、柱状碎石補強体を用いた地盤補強工法(エコジオ工法)で補強された地盤の支持機構の研究について論文を発表致しました。

概要

戸建住宅等の小規模建築物を対象として、地盤内に碎石補強体を築造し地盤を補強する工法が普及してきている。補強体の築造方法は様々であり、また、その支持力特性は明らかにされていない。

著者らは、地盤内に均質かつ確実に柱状碎石補強体を築造するための工法「エコジオ工法」を開発した。また、本工法により築造した補強体を対象に、大型平板載荷試験を実施し、改良率、補強体の配置、補強体長さが支持力に及ぼす影響を確認するとともに、補強地盤の長期安定性についても検証した。

本報では、本工法の概要および補強体一本当たりの支持機構解明のために行った、平板載荷試験結果について報告する。

当社研究者
(株)サムシング
取締役技術部長
神村 真

(株)サムシング
永井 優一

柱状碎石補強体を用いた地盤補強工法（エコジオ工法）で補強された地盤の支持機構の研究
(補強体の支持機構と補強体長さの影響)

正会員 ○永井優一* 神村 真*
正会員 尾鍋哲也** 濱口幸三**
辻 賢典**
正会員 酒井俊典***

締め固め碎石杭 支持力 平板載荷試験

1.概要

戸建住宅等の小規模建築物を対象として、地盤内に碎石補強体を築造し地盤を補強する工法が普及してきている。補強体の築造方法は様々であり、また、その支持力特性は明らかにされていない。

著者らは、地盤内に均質かつ確実に柱状碎石補強体を築造するための工法「エコジオ工法」を開発¹⁾²⁾した。また、本工法により築造した補強体を対象に、大型平板載荷試験を実施し、改良率、補強体の配置、補強体長さが支持力に及ぼす影響を確認するとともに、補強地盤の長期安定性についても検証した。

本報では、本工法の概要および補強体一本当たりの支持機構解明のために行った、平板載荷試験結果について報告する。

2.エコジオ工法の概要

写真-1 に本工法で用いる専用アタッチメントの全景を、図-1 にアタッチメントによる碎石の締め固め方法の概略図を示す。アタッチメントは先端スクリーおよびゴム製扉（EG ドア）を有したケーシングと、碎石をケーシング内に投入するためのホッパーで構成されている。ケーシングを設計深度まで回転貫入した後、EG ドアを開けてホッパーから碎石を連続的に投入しながら、先端スクリーで締め固めることにより、地盤内に補強体を築造する。本工法は、ケーシングを用いることで孔壁の崩壊を防ぐことができ、施工管理装置によって碎石の締め固め層厚・スクリーに働く回転トルクを管理するため、均質かつ確実に補強体を築造することが可能である。

3.平板載荷試験の概要³⁾

全国三ヶ所（三重県鈴鹿市、埼玉県比企郡、千葉県野田市）において、400×400mm の正方形平板を使用して、補強体に対する平板載荷試験を実施した。対象土質はいずれも粘性土である。築造した補強体は、有効直径420mm、長さは着底層（N値3以上）までを最大とし1～5mの間で設定し、補強体長さが支持力に及ぼす影響を検証した。比較のため、無補強地盤への載荷試験も実施し



写真-1 専用アタッチメント全景

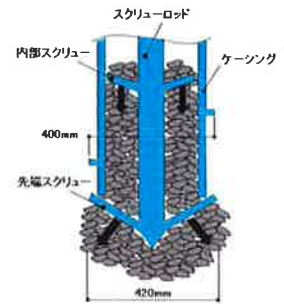


図-1 締め固め方法概略図



写真-2 載荷試験実施状況 (千葉県野田市)

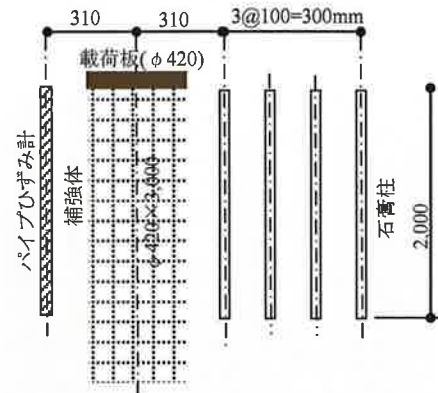


図-2 載荷試験仕様(単位: mm) (千葉県野田市)

た。写真-2 に平板載荷試験実施状況を示す。

また、千葉県野田市では載荷時の地盤挙動を把握するため、パイプひずみ計および石膏柱を図-2 のようにそれぞれ挿入した。本計測を実施したケースでは、載荷板形状は420mmの円形とした。

The study of the bearing capacity of reinforced ground by ECOGEO.

Makoto Kamimura, Yuichi Nagai
Tetsuya Onabe, Kouzou Hamaguchi Yoshinori Tsuji
Toshinori Sakai

4. 平板載荷試験結果

図-3 に三ヶ所における原地盤の非排水せん断強度と載荷試験による極限支持力の関係を示す。地盤の非排水せん断強度はスウェーデン式サウンディング試験結果から推定した ($c_u = q_u/2 = (45W_{sw} + 0.75N_{sw})/2$)。図から、支持力と非排水せん断強度は比例関係にあり、補強体の有無によりその勾配が変化することがわかる。

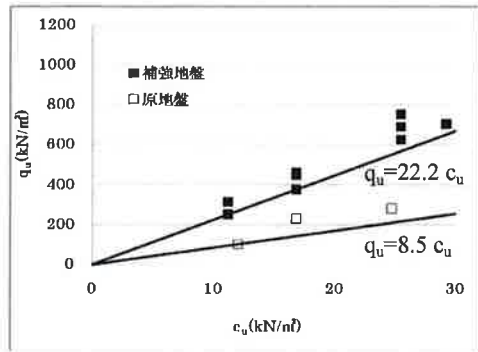


図-3 非排水せん断強度と支持力の関係

図-4、図-5 に補強体長さとの極限支持力の関係および補強体長さとの極限支持力増加率の関係を示す。図から、補強体長さの増加に伴い極限支持力は増加するが、2m の場合と着底層まで補強した場合では増加率が同程度となる。この傾向は、三ヶ所に共通していることがわかる。

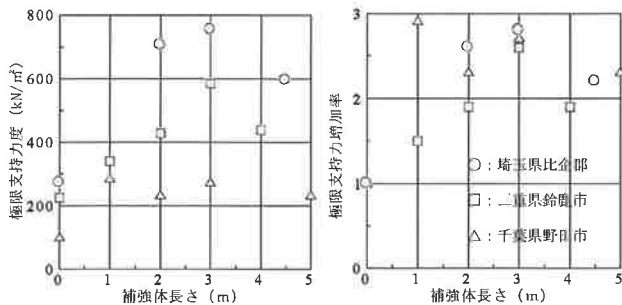


図-5 補強体長さとの支持力の関係

図-4 補強体長さとの支持力増加率の関係

図-6 に千葉県で実施した載荷による側方ひずみの深度分布を、写真-3 に載荷試験後、周辺地盤挙動を確認した状況を示す。図-6 から、パイプのたわみが著しい深度は、千葉県では無補強地盤で GL-1.0~1.5m、補強地盤で GL-0.5m である。また、写真-3 から、無補強地盤では側方への地盤変位は認められないものの、補強地盤では、補強体頭部付近が側方へ変位したことがわかる。

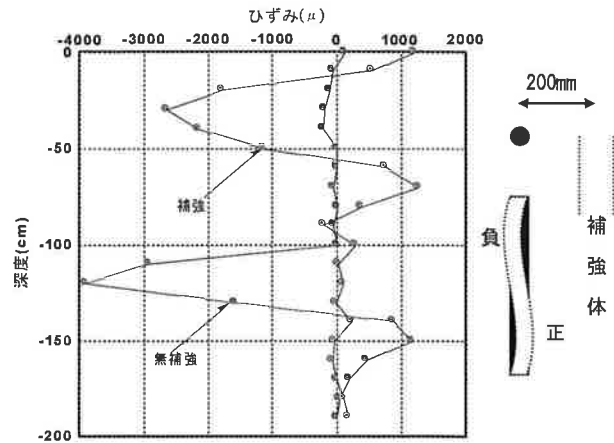


図-6 側方ひずみの深度分布



(i) 無補強地盤 (ii) 補強地盤
写真-3 載荷試験後の地盤状況 (千葉県野田市)

5. 結論

本試験結果から以下のことが明らかになった。

- ・エコジオ工法で築造した補強体により支持力補強が可能である。
- ・補強体の地盤補強効果は、原地盤の非排水せん断強度 c_u と比例関係にある。
- ・補強体が載荷時に影響を受ける範囲は、地盤面から 1m 程度であり、長さ 2m 以上であれば支持力増加に寄与しない。

<参考文献>

- 1) 神村ら：柱状砕石補強体を用いた地盤補強工法 (エコジオ工法) 鉛直支持力特性, 第 45 回地盤工学研究発表会概要集, pp793-794, 2010
- 2) 尾鍋ら：砕石地盤改良機 (エコジオ) による地盤改良効果の検証, 第 45 回地盤工学研究発表会概要集, pp791-792, 2010
- 3) (社)地盤工学会編：地盤調査の方法と解説, pp495-504, 2004
- 4) 山口柏樹：土質力学(前改訂), pp253-268, 1984

* 株式会社サムシング
** 株式会社尾鍋組
*** 三重大学

* SOMETHING, co., Ltd
** ONABE Corporation Co., Ltd
*** Mie University

エコジオ工法により築造した柱状碎石補強体により補強された地盤の支持力特性

正会員 ○神村 真* 永井優一*
 正会員 尾鍋哲也** 濱口幸三**
 辻 賢典**
 正会員 酒井俊典***

締め固め碎石杭 支持力 平板载荷試験

1. 概要

著者らは、柱状碎石補強体を築造するための装置を開発¹⁾²⁾し、この碎石補強体と地盤の複合体がどのような支持力特性を有するかを確認するために、全国5ヶ所の現場で大型平板载荷試験を実施した。ここでは、その試験結果から得られた知見を整理して示す。

2. 実験内容

表-1 に大型平板载荷試験を実施した箇所での载荷板底面から-1m の範囲内での平均非排水せん断強度 c_u を示す。なお、非排水せん断強度はスウェーデン式サウンディング試験結果から推測した値である。

$$c_u = q_u / 2 = (0.45W_{sw} + 0.75N_{sw}) / 2 \quad (1)$$

表-1 試験地での地盤調査結果

試験地	$W_{sw}(kN)$	N_{sw}	$c_u(kN/m^2)$
三重県津市	1	18~26	26.8~29.8
茨城県坂東市	1	12	27
埼玉県比企郡	1	2~18	23.3~29.3
千葉県野田市	0.5	—	12.1
三重県鈴鹿市	0.8	—	16.9

これらの地盤物性を有する敷地において、平板寸法の違い、改良率の違い、平板形状の違いに着目して大型平板载荷試験を実施した。表-2 に、試験ケースの概要を示す。なお、载荷試験は、JGS 1521「地盤の平板载荷試験方法」³⁾に準拠して実施した。写真-1 に、载荷試験状況を示す。

表-2 試験に用いた平板と改良率仕様

項目	仕様
平板寸法※	L=B : 400; 600; 1,000mm L≠B : 1,000; 2,000mm
平板形状	L/B=1,2,4
改良率	L=B : 0.138, 0.385, 0.866 L≠B : 0.139, 0.277

※L : 長辺長 ; B : 短辺長 ; L≠B の場合 B=500mm



写真-1 平板载荷試験状況

3. 実験結果

(1) 支持力特性

図-1 に、正方形平板を用いた载荷試験結果について非排水せん断強度と極限支持力の関係を示す。図中には、三種類の改良率についての関係を示す。図から、極限支持力は非排水せん断強度と比例関係にあり、その勾配が改良率に比例して増加することが分かる。このことから、本工法で施工された地盤の支持力は、改良率と非排水せん断強度に比例することが分かる。また、図-2 に正方形平板と長方形平板の極限支持力と非排水せん断強度の比 q_u/c_u と改良率の関係を示す。両者はほぼ同様の傾向を示しており、基礎形状によらず類似した支持力特性を示すものと推測される。

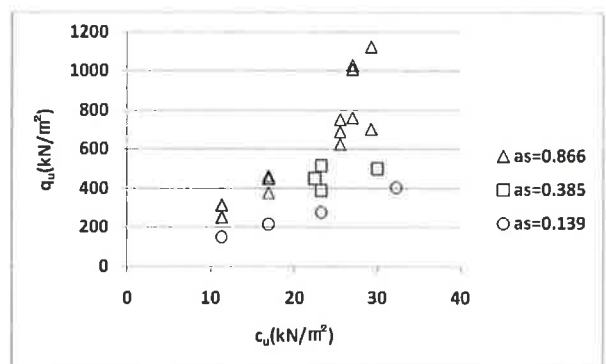


図-1 非排水せん断強度と極限支持力の関係

The bearing capacity Characteristics of reinforced ground with gravel pillars constructed by ECOGEO.

Makoto Kamimura , Yuichi Nagai
 Tetsuya Onabe , Kouzou Hamaguchi Yoshinori Tsuji
 Toshinori Sakai

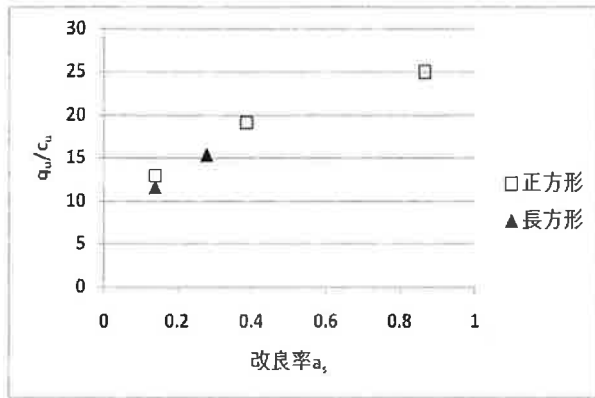


図-2 q_u/c_u と改良率の関係

図-3 に、同じ改良率で補強体本数の異なるケースにおいて q_u/c_u の比較結果を示す。全体として補強体本数が増加すると極限支持力が増加する傾向が伺える。

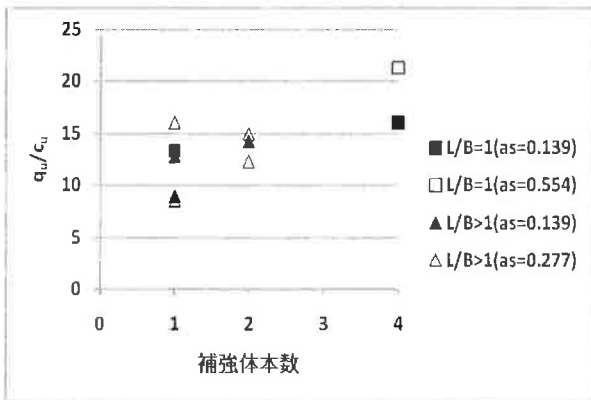


図-3 q_u/c_u と補強体本数の関係

(2) 長期沈下特性

千葉県野田市において約 2 カ月間一定荷重を載荷し、本工法で補強された地盤の長期安定性の確認を行った。図-4 に、地盤と沈下量の関係を示す。また、試験仕様を表-3 に示す。

第一ステップでは 50kN/m^2 を載荷し 7 日間放置した後、さらに 10kN/m^2 を追加し合計 60kN/m^2 で約 2 カ月間放置した。無補強の場合、 60kN/m^2 載荷完了(計測開始から 7 日目)からの沈下量は約 50mm に対して補強地盤での沈下量は約 20mm 程度であった。柱状碎石補強体頭部に作用する応力は、地盤部よりも 2~6 倍程度大きいことが確認されており、補強体の挿入によって原地盤に作用する応力を抑制する効果が得られることで、沈下量が抑制されるものと考えられる。

表-3 長期載荷試験に使用した平板仕様

項目	仕様
平板寸法	L=B : 2,000mm L=4B : 2,000mm
改良率	L=B : 0.138(補強体 4 本) L=4B : 0.277(補強体 2 本)

※補強体長 : 2m

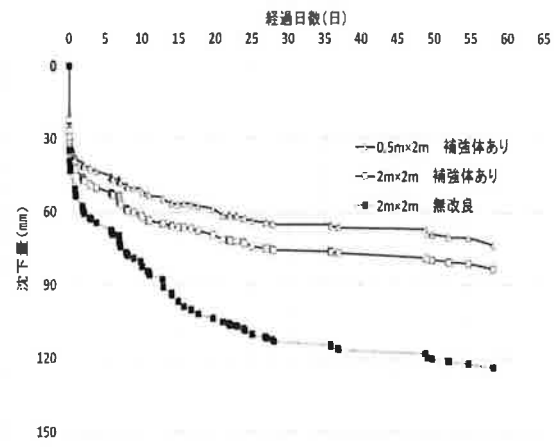


図-4 地盤と沈下量の関係

4. 結論

大型平板載荷試験の結果から、以下のことが明らかになった。

- ・本工法で補強された地盤の支持力は、載荷板直下地盤の非排水せん断強度と改良率の関数で表現でき、その傾向は基礎形状によって大きく変化しない。
- ・同一の改良率でも補強体本数が多いほど支持力を確保しやすい。
- ・補強体により圧密沈下量を抑制することができる。

<参考文献>

- 1) 神村ら：柱状碎石補強体を用いた地盤補強工法(エコジオ工法)鉛直支持力特性,第 45 回地盤工学研究発表会概要集,pp793-794,2010
- 2) 尾鍋ら：碎石地盤改良機(エコジオ)による地盤改良効果の検証,第 45 回地盤工学研究発表会概要集,pp791-792,2010
- 3) (社)地盤工学会編：地盤調査の方法と解説,pp495-504,2004

* 株式会社サムシング

** 株式会社尾鍋組

*** 三重大学

* SOMETHING, co., Ltd

**ONABE Corporation Co., Ltd

***Mie University