

平成23年8月31日

サムシングホールディングス株式会社

平成23年7月5日から開催された第46回地盤工学研究発表で、当社子会社(株)サムシング技術部は、**エコジオ工法で築造された柱状碎石補強体の長さが地盤の支持力に及ぼす影響**について論文を発表致しました。

概要

近年、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することにより地盤補強を行う工法が普及しつつあるが、その支持力発現機構は明らかにされていない点が多い。著者らは、地中に均質な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、これにより築造した碎石補強体を対象として大型平板載荷試験を実施し、改良率、補強体の配置、補強体の長さが支持力に及ぼす影響を確認するとともに、長期的な安定性についても確認を行った。本報では、碎石補強体一本当りの支持力発現機構の解明のために行った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

本件に関するお問い合わせ
サムシングホールディングス株式会社
<http://www.sthd.co.jp/>

技術に関するお問い合わせ
株式会社サムシング
<http://www.s-thing.co.jp/>

03 - 5566 - 5555 (代表)

03 - 5566 - 0120 0120 - 28 - 3649

エコジオ工法で築造された柱状碎石補強体の長さが地盤の支持力に及ぼす影響

締め固め碎石杭 支持力 平板載荷試験

(株)サムシング
(株)尾鍋組

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

三重大学

1. 概要

近年、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することにより地盤補強を行う工法が普及しつつあるが、その支持力発現機構は明らかにされていない点が多い。著者らは、地中に均質な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¹⁾、これにより築造した碎石補強体を対象として大型平板載荷試験を実施し、改良率、補強体の配置、補強体の長さが支持力に及ぼす影響を確認するとともに、長期的な安定性についても確認を行った。本報では、碎石補強体一本当りの支持力発現機構の解明のために行った載荷試験結果について報告する。

2. 試験概要²⁾

全国三か所(三重県鈴鹿市、埼玉県比企郡、千葉県野田市)の試験地において、400×400mmの正方形平板を使用して柱状碎石補強体に対する載荷試験を実施した。築造した柱状碎石補強体は有効直径420mm、補強体



写真-1 載荷試験実施状況

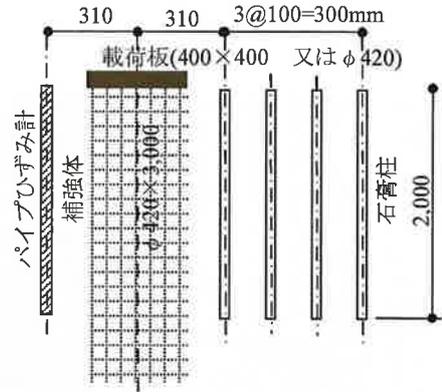


図-1 載荷試験仕様(単位: mm)

の長さは着底層(N>3程度)まで補強するケースを最大長とし、1~5mの間で設定した。また、比較のため、無補強地盤への載荷試験も併せて実施した。なお、補強対象層の土質は、いずれの試験地においても粘性土地盤であった。

写真-1に載荷試験実施状況を示す。

また、地盤挙動を把握するため、柱状碎石補強体中心から310mm離れた箇所にパイプひずみ計を、柱状碎石補強体中心から310mm離れた位置から100mm間隔で石膏柱をそれぞれ挿入した(図-1参照)。これらの計測を実施した試験ケースでは、載荷板形状は直径420mmの円形平板とした。

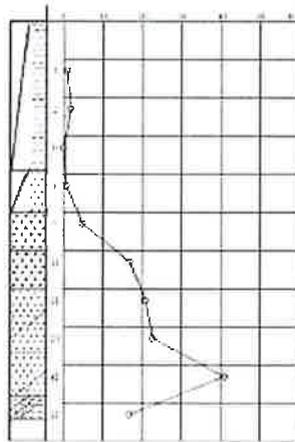


図-2 柱状図(千葉県野田市)

図-2に試験地(千葉県野田市)

での柱状図を示す。いずれの載荷試験地も図-2同様に補強対象地盤のN値は0~1程度の軟弱地盤であった。

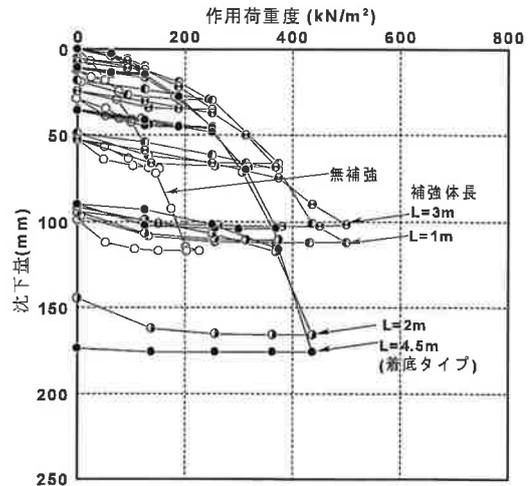


図-3 荷重と沈下量の関係 (千葉県野田市)

3. 試験結果

図-3に荷重と沈下関係の一例を示す。この図から補強体の有無により大幅に支持力補強がなされたことが確認出来

The effects of the length of gravel pillar on the bearing capacity of the ground reinforced by gravel pillars named the ECOGEO

Yuichi Nagai¹, Makoto Kamimura¹, Tetsuya Onabe², Kouzou Hamaguchi², Yoshinori Tsuji² and Toshinori Sakai³

1:SOMETHING, co., Ltd

2:ONABE Corporation Co., Ltd; 3:Mie University)

る。一方、補強体長と支持力の間には密接な関係が認められない。図-4、図-5 に、極限支持力度（沈下量 S と載荷板幅の比 $S/B=0.1$ での荷重度）と補強体長の関係および極限支持力増加率（無補強地盤と補強地盤の極限支持力の比）と補強体長の関係をそれぞれ示す。図から、補強体長の増加に伴い極限支持力は増加するが、補強体長が 2m を超えると増加率は低下する。また、その傾向は、三現場において共通することが分かる。

図-6 に、無補強地盤と補強地盤での側方ひずみの深度分布（パイプひずみ計で計測）を示す。また、写真-2 に、載荷試験後の載荷板周辺部の地盤変位状態を確認した写真を示す。図-6 から、パイプのたわみが著しい深度（ひずみが大きい深度）は、無補強地盤で $GL-100\sim 150\text{cm}$ 、補強地盤で地表面から $GL-50\text{cm}$ であることが分かる。また、写真-2 から、補強体端から 100mm 離れた位置の地盤は、無補強地盤では目視で確認可能な変位は認められないが、補強地盤では、補強体頭部付近が側方に変位したことが分かる。

4. 結論

以上の結果から、柱状砕石補強体が載荷時に影響を受ける箇所は載荷面から 1m の範囲程度であり、かつ、補強体長が 2m 以上であれば補強体長は支持力に寄与しないことが分かった。これは、柱状砕石補強体の支持力発現機構が、一般的な地盤の支持力モデル³⁾（塑性くさびが形成され、それに接する地盤が外側に押し出される）に準じている事を示していると考えられる。

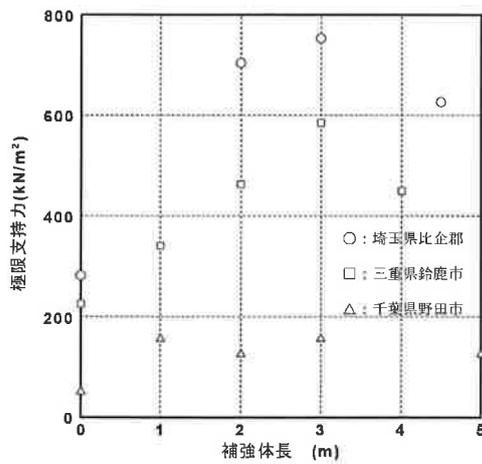


図-4 極限支持力度と補強体長さの関係

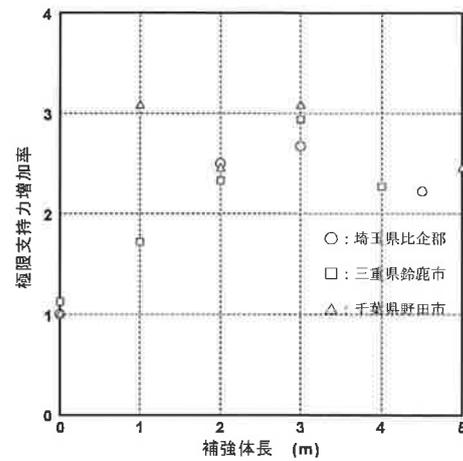


図-5 荷重度増加率と補強体長さの関係

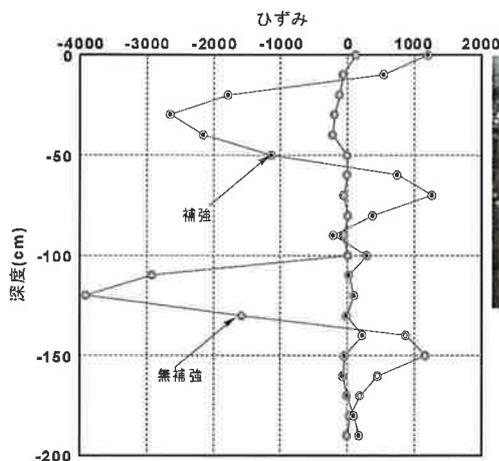
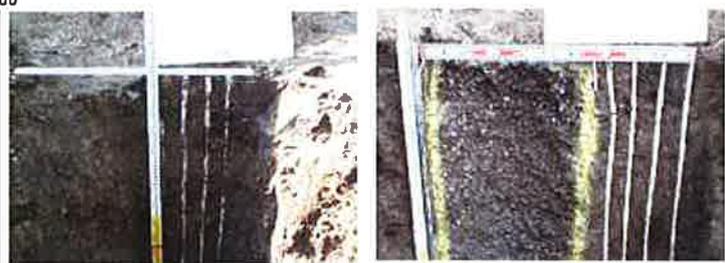


図-6 ひずみの深度分布



(i)無補強地盤 (ii)補強地盤
写真-2 載荷試験後の地盤状況

【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)(社)地盤工学会編：地盤調査の方法と解説,pp495-504,2004
- 3)山口柏樹：土質力学(前改訂),pp253-268,1984

砕石地盤改良における地盤改良率が支持力に及ぼす影響

平板載荷試験、地盤改良

(株)尾鍋組 正会員 ○辻賢典・尾鍋哲也・濱口幸三
(株)サムシング 正会員 神村真・永井優一
三重大学大学院 国際会員 酒井俊典

1. はじめに

近年、小規模住宅地盤を対象とした地盤改良工法として、環境負荷が少なく土地価格の影響が少ない自然砕石を用いた地盤改良の事例が増加している。しかし、これらの施工方法は様々であり、砕石地盤に対する支持力メカニズムの検証がまだ十分に行われていない。そこで著者らは、砕石地盤改良工法「エコジオ工法」により築造した砕石杭に対し、種々の載荷板を用いて平板載荷試験を行った。ここでは、その試験結果から地盤改良率が地盤の支持力特性へ及ぼす影響について報告する。

2. 試験概要

試験は三重県鈴鹿市の試験場で実施した。この試験場は深度4.0mまで自沈層が続く粘性地盤である。試験に用いる砕石補強体は「エコジオ工法」により築造し、改良深は3mとした。エコジオ工法とは、Fig.1に示す専用施工機により、地盤を直径42cmのケーシングで所定の深度まで掘削した後、砕石を締固めながら充填して柱状砕石補強体を築造し、この補強体と原地盤の支持力を複合させて支持する地盤補強工法である。



Fig.1 エコジオ機

試験は、円形平板、べた基礎を想定した正方形平板及び布基礎を想定した長方形平板を用い、これらの寸法並びに載荷板面積に対する砕石杭断面積の割合である地盤改良率を変化させ、各々の砕石補強体に対して平板載荷試験を実施した。Fig.2に載荷試験状況をTable.1に試験ケースを示す。



Fig.2 載荷試験状況

Table.1 試験ケース一覧

試験番号	平板形状	平板サイズ (cm)	改良深 (m)	改良本数 (本)	改良率 (%)
1	べた	40×40	0	0	—
2			3	1	86.6
3	円形	42×42	0	0	—
4			3	1	100
5	べた	100×100	0	0	—
6			3	1	13.9
7			3	4	55.4
8	布	50×100	0	0	—
9			3	1	27.7
10	布	50×200	3	1	13.9
11			3	2	27.7

3. 試験結果

Fig.3に平板載荷試験により求めた改良本数1本の改良地盤及び無改良地盤の沈下量と荷重度の関係を示す。一般家屋に必要な載荷圧力の2倍程度である100kN/m²時の沈下量に注目すると、40cm×40cm平板では無改良地盤の

The relationship between a bearing capacity and a rate of improved gravel pier in the foundation

Tetsuya Onabe¹, Yoshinori Tsuji¹, Kouzo Hamaguchi¹, Makoto Kamimura², Yuichi Nagai², Toshinori Sakai³; (1:ONABE coporation, Co.Ltd ; 2:SOMETHING, Co.Ltd ; 3:Mie Univercity)

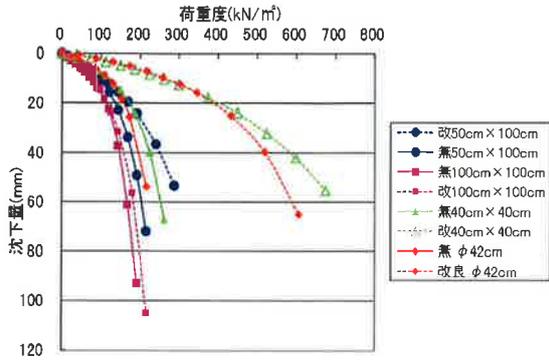


Fig. 3 平板形状の違いによる平板載荷試験結果

Table. 2 平板形状の違いによる極限支持力

試験番号	平板サイズ	平板形状	補強体数 (本)	極限支持力 (kN/m ²)
1	0.4m×0.4m	べた	0	225
2			1	581
8	0.5m×1m	布	0	194
9			1	280
5	1m×1m	べた	0	199
6			1	212

場合約7mmであるのに対し、改良地盤の場合2.5mmとなり、沈下量に2.7倍程度の差が見られたが、50cm×100cm平板、及び100cm×100cm平板を用いた試験ケースでは明瞭な差は見られなかった。Table. 2に各無改良地盤と改良地盤の極限支持力の関係を示す。本試験における極限支持力は、沈下量/基礎幅比 (S/B) が0.1の時の荷重と、S/B < 0.1の場合は試験終了時の最大荷重とした。この結果、いずれのケースについても改良地盤は無改良地盤に比べ極限支持力が大きくなり、改良効果が認められているものの、平板面積の増加に伴い両者の差は小さくなった。また、無改良地盤においては平板面積の増加に伴い極限支持力は小さくなり、スケール効果が認められた。

Fig. 4に40cm×40cm平板に対して砕石補強体が1本のケースと、1m×1m平板に対して補強体が4本のケースのS/Bと荷重の関係を示す。両者は載荷板形状及び改良率がほぼ同程度であるにもかかわらず、同一S/Bにおける荷重は、1m×1m平板の方が小さくなった。

Table. 3は形状の異なる同一面積の平板に対し、砕石補強体の施工本数を変化した時の、補強体数と極限支持力の関係を示したものである。0.5m×1m平板、1m×1m平板の両ケースにおいて、補強体数の増加に伴い極限支持力は増加し、1m×1m平板において、補強体数が4本のケースは補強体1本のケースと比べ、約1.5倍の極限支持力が得られた。また、補強体1本の場合について、べた基礎と布基

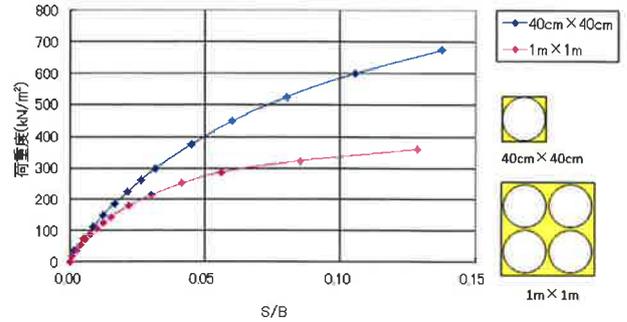


Fig. 4 平板サイズの違いによるS/Bと極限支持力

Table. 3 補強体数の変化による極限支持力

試験番号	平板サイズ	基礎形状	杭本数 (本)	極限支持力 (kN/m ²)
5	1m×1m	べた	0	199
6			1	212
7			4	336
10	0.5m×2m	布	1	197
11			2	239

礎の極限支持力を比較すると、べた基礎の方が極限支持力が大きくなった。Fig. 5は全試験ケースの改良率と極限支持力の関係を示したものである。この結果より、改良率の増加に伴い極限支持力が増加することが分かった。

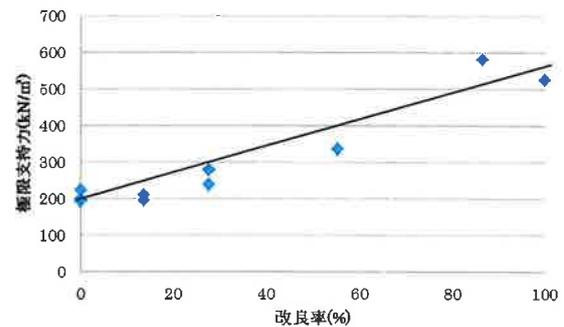


Fig. 5 改良率と支持力の関係

4. おわりに

本研究により、以下のことが明らかとなった。

- ① 載荷板の面積が大きくなるほど同一s/bに対する荷重度は小さくなり、スケール効果が認められた。これより載荷板の寸法により、地盤の支持力特性が異なることが明らかとなった。
- ② 載荷板面積に対して砕石杭の断面積が大きいほど沈下抑制効果が認められるとともに、同一載荷板に対して砕石杭の本数が多いほど沈下抑制効果が認められた。これより改良率が大きいほど地盤の支持力が大きくなることが明らかとなった。