

薄肉円筒管を用いた小規模建築物基礎の支持力増大工法に 割栗地業の有無が及ぼす影響について

九州工業大学大学院 学生会員 ○津野 将馬 竹下勇太郎
九州工業大学大学院 正会員 廣岡 明彦 永瀬 英生
日鐵住金建材株式会社 非会員 川端 規之 原田 剛男

1.はじめに

一般的な基礎では地盤との安定化をよくする目的で割栗地業が施されている。小規模建築物基礎直下の軟弱地盤対策として、布基礎直下に薄肉円筒管を鉛直に埋設し、現場発生土等を中詰材として充填することで、上部からの荷重を支持層まで伝達させるという新たな地盤改良工法を提案中であるが、実用に向けての詳細な知見を得るために様々な条件下で実験を行う必要がある。そこで、本研究では、この新工法による地盤改良の際に、割栗地業の有無が支持力増大効果にどのような影響を与えるかについて調べることを目的とし、遠心模型実験装置を用いて鉛直載荷試験を実施した。

2.実験概要

2.1 実験システム

図-1に実験システムを示す。遠心加速度場30Gにおいて、幅1.65cm、奥行き6.0cm、高さ3.3cmのフーチングに、載荷装置を作動させ、ロードセルにより載荷荷重、LVDTによりフーチングの沈下量を計測する。

模型地盤には豊浦砂を用い、相対密度を調整して軟弱層と支持層を作製した。軟弱層は相対密度 $D_r=25\%$ 、層厚を9.95cm、支持層は相対密度 $D_r=90\%$ 、層厚が10cmとなるようにそれぞれ締め固め、軟弱層内に円筒管模型を、その上部にフーチングを1.65cm埋設して実験を行った。尚、割栗地業ありのケースではフーチング底面の周辺に、割栗石モデルとして平均粒径1.27mmの川砂層（幅：26.5mm、奥行き：70mm、厚さ：3mm）を設けた。一方、割栗地業なしのケースでは、層厚を8.3cmとした軟弱層内の円筒管模型上に、高さ1.65cmのフーチングを設置して実験を行った。割栗地業の有無による比較を図-2に示す。

実験では管直径が40cm、80cm、長さが250cm、板厚が1.6mmの鋼製の薄肉円筒管を想定しており、模型縮尺を1/30として円筒管模型を作製した。円筒管模型はアルミの薄板2枚を型に沿って湾曲させ、管軸方向に2か所接着した模型をPO型模型、PO型模型の中詰め後に、上端・下端をアルミ円盤により閉塞することで、中詰材をより拘束させた模型をPC型模型とした。PO型模型、PC型模型の中詰材としては豊浦砂を相対密度 $D_r=100\%$ になるように突き固めを行った。また円筒管模型内の中詰材が剛体のような挙動をする場合を想定し、中詰材の代替部材としてアクリルとアルミで構成される模型をPL型模型とした。

2.2 実験条件

割栗地業の有無による支持力増大効果の影響を調べるため、割栗地業がある場合とない場合のケースにおいて比較実験を行った。その実験条件を表-1に示す。実験コードはPO型模型の場合にPO、PC型模型の場合にPC、PL型模型の場合にPLを付け、FxxCS(割栗地業あり)、Fxx(割栗地業なし)で命名している（ただし、xxは円筒管模型の径(mm)）。

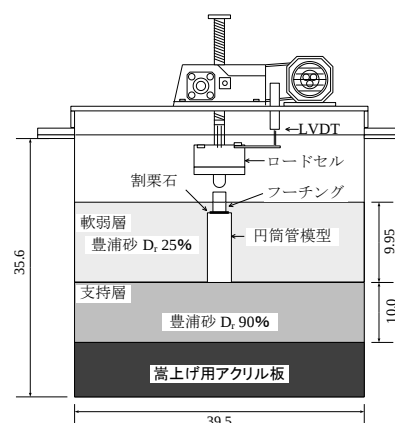


図-1 実験システム

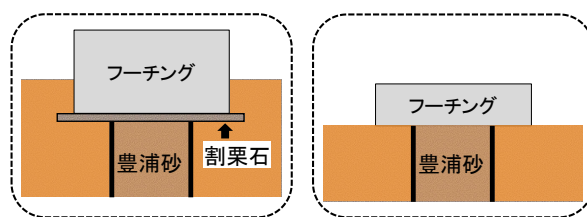


図-2 割栗地業の有無による比較(左：あり 右：なし)

表-1 実験条件

実験コード	模型径(mm)	割栗地業
PO	F14	なし
	F14CS	あり
	F27	なし
	F27CS	あり
PL	F14	なし
	F14CS	あり
	F27	なし
	F27CS	あり
PC	F14	なし
	F27	なし
未改良地盤		なし
		あり

3.実験結果および考察

3.1 荷重-沈下関係（割栗地盤なし）について

図-3 に、割栗地盤なしの模型径 27mm の PO 型模型、PC 型模型、PL 型模型と未改良地盤の実験結果を示す。この図は、横軸にフーチング幅 B をフーチング沈下量 S で正規化した S/B 、縦軸にロードセル荷重 Q をフーチングの断面積 A_0 で除した荷重強度 Q/A_0 で表した Q/A_0 - S/B 曲線である。

図-3 より、地盤改良した全てのケースで、未改良と比べ荷重強度 Q/A_0 は大きく上回っており、薄肉円筒管を用いた新工法に有用性があることが確認できる。しかし、PO 型模型と PC 型模型では、荷重強度 Q/A_0 が $S/B=0.2$ 付近で低下している。ここで実験後の PO 型模型と PC 型模型の上端の様子を示した写真-1 を見ると、PO 型模型では座屈が確認できる。これはフーチングからの鉛直荷重が円筒管に直接加わったことが原因の 1 つであると言える。一方、PC 型模型では円筒管継ぎ目部の張り裂けが確認できる。PC 型模型は円筒管に鉛直荷重が直接加わらない構造であるため、中詰材による管内圧により管の円周方向に働く引張力が、継ぎ目部の許容引張強度を超えたことで生じたと考えられる。このように円筒管模型の破壊形式は異なると考えられるが、これらの破壊現象が、フーチングの沈下に対する荷重強度の発現に影響を及ぼしていることは明らかである。

また、PC 型模型による地盤改良においては、管の破壊によると思われる荷重強度 Q/A_0 の低下までは PL 型模型とほぼ等しい挙動を示しており、 $S/B=0.3$ 付近までは PO 型模型を常に上回っていることから、円筒管模型の上端・下端を閉塞することで、支持力を増大させる効果があると言える。

3.2 荷重-沈下関係（割栗地盤あり）について

図-4 に割栗地盤ありの各ケースの Q/A_0 - S/B 曲線を示す。図-3、図-4 より模型径 27mm の PO 型模型と PL 型模型の結果を比較すると、荷重強度 Q/A_0 は割栗地盤ありで大きく増大していることがわかる。この要因としては、フーチングを 1.65cm 埋設したことによる根入れ効果及び、割栗石によってフーチング底面周辺の地盤の強度が増大したことが考えられる。

また、割栗地盤を施した PO 型模型について見ると、荷重強度 Q/A_0 が低下するまでは PL 型模型とほぼ等しい挙動を示しており、PC 型模型と同様な傾向となっている。これは、フーチングの沈下とともに、割栗石が円筒管の中に入ることで、PC 型模型のように中詰材を閉塞する役割を果たしたためと考えられる。写真-2 に実験後の PO 型模型(模型径 27)の両継ぎ目部の上端の様子を示す。写真-2 より、座屈の他に継ぎ目部の張り裂けという、PC 型模型の破壊の様子が確認できる。これは、割栗石の存在が中詰材を閉塞したことと同様の効果をもたらすためであり、管内圧の増大に伴い、管継ぎ目部に比較的大きな引張力が作用していたことが推測できる。このように PO 型模型に PC 型模型の破壊形式が見られたことから、割栗地盤を施すことで、PO 型模型は PC 型模型と同等な改良効果を得ることができるものと考えられる。

4.まとめ

1. 薄肉円筒管を用いた新工法では、未改良地盤と比較すると確実に支持力は増大しており、明らかな地盤改良効果が認められる。また円筒管の上端・下端を閉塞することで支持力はさらに増大し、円筒管の継ぎ目部での引張破壊が生じるまでは、中詰材が剛に近い挙動を示す。

2. 薄肉円筒管による地盤改良の際に、割栗地盤を施すことでさらに支持力は増大する。また、割栗石の存在によって、中詰材を閉塞したものと同様の効果を得ることができると考えられる。

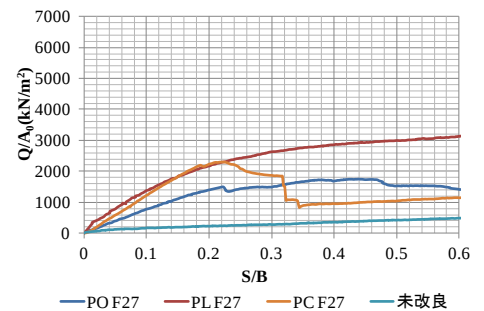


図-3 Q/A_0 - S/B 曲線（割栗地盤なし）



写真-1 実験後の PO 型模型(左),
PL 型模型(右)

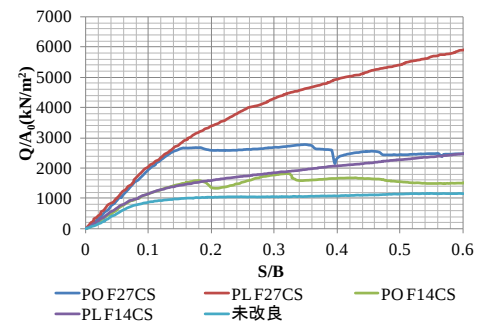


図-4 Q/A_0 - S/B 曲線（割栗地盤あり）



写真-2 実験後の PO 型模型