小規模建築物基礎直下の薄肉円筒管による支持力増大効果に管の上端・下端の閉塞が及ぼす影響について

九州工業大学大学院　学生会員　○田中 耕輔
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

軟弱地盤上に建物を建設する際には，何らかの軟弱地盤対策が必要となる．本研究では，軟弱地盤における住宅基礎として，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新たな支持力増大工法を取り扱う．今回は円筒管の上端・下端を閉塞することが，支持力増大に及ぼす影響を調べることを目的とし，遠心模型実験装置を用いて一連の載荷試験を実施した．

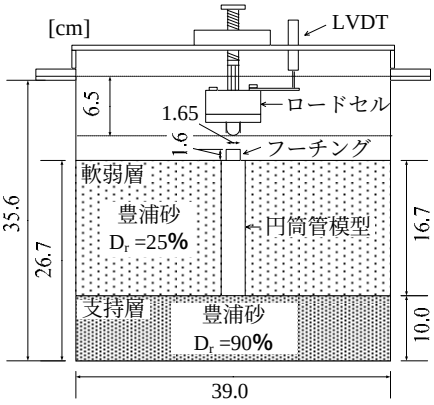

図-1 実験システム

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 のフーチング(実物換算 0.5m×1.8m)を載荷し，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．

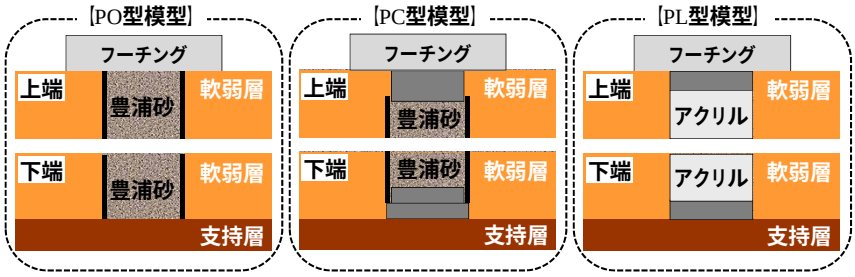

図-2 PO 型模型，PC 型模型，PL 型模型の比較

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 Dr=25%と緩い層を作製し，層厚は 16.7cm と 8.3cm の 2 通りについて実験を行った．また，支持層は締固めにより，相対密度 Dr=90%，層厚は 10cm とした．

実験では管直径が 40cm, 80cm, 長さが 250cm, 500cm, 板厚が 1.6mm の鋼製の薄肉円筒管を想定しているため，模型縮尺を 1/30 とし，それらの組合せで 4 サイズの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した模型を PC 型模型とし，それぞれの円筒管模型の中詰材は豊浦砂の相対密度 Dr=100%になるように突固めを行った．また，円筒管模型内の中詰材が理想的に剛体のような挙動をした場合を想定し，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 PL 型模型を用いた．各模型はフーチング模型直下に鉛直に埋設する．PO 型模型，PC 型模型，PL 型模型を模型地盤に埋設した際の比較を図-2 に示す．

2.2 実験条件

軟弱層に埋設した薄肉円筒管の上端・下端を閉塞することが地盤改良に及ぼす影響を調べるため，円筒管模型の管直径，軟弱層厚さを変え実験を行った．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，F(模型の径)L(軟弱層厚さ)で命名し，未改良の軟弱層の場合を F0 と称す．表-1 に実験条件を示す．また，フーチングの断面積を A_0 とする．

表-1 実験条件

実験コード		模型タイプ	模型径(mm)	軟弱層厚さ(mm)
PO	F27L167	PO 型模型	27	167
	F14L167		14	167
	F27L83		27	83
	F14L83		14	83
PC	F27L167	PC 型模型	27	167
	F14L167		14	167
	F27L83		27	83
	F14L83		14	83
PL	F27L167	PL 型模型	27	167
	F14L167		14	167
	F27L83		27	83
	F14L83		14	83
F0 L167		なし		167
F0 L83		なし		83

3.実験結果および考察

3.1 荷重-沈下関係について

図-3 は PL 型模型 PL F27L167，PC 型模型 PC F27L167，PO 型模型 PO F27L167，未改良地盤 F0L167 の実験結果である．この図は，横軸をフーチング幅 B でフーチング沈下量 S を正規化した S/B，縦軸はロードセル荷重 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．

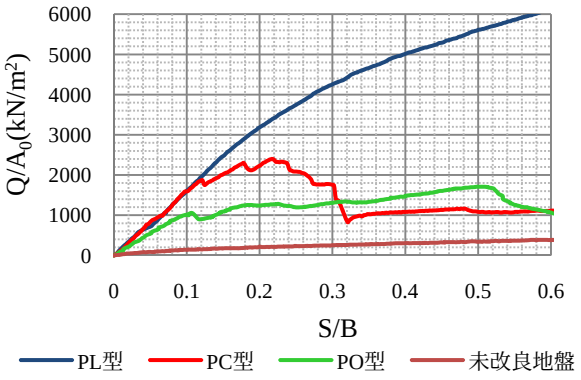

図-3 Q/A_0-S/B 曲線(模型径 27mm,軟弱層厚さ 167mm)

図-3 より，まず，円筒管模型を埋設した PC 型模型と PO 型模型による地盤改良では，荷重強度 Q/A_0 が増加から減少に転じており，荷重強度 Q/A_0 の低下を確認できる．図-4 に実験後の PC 型模型と PO 型模型の上端の様子を示す．図-4 より，PC 型模型は PO 型模型に比べ，円筒管模型継ぎ目(接着)部の損傷が著しい．PO 型模型は円筒管に鉛直荷重が加わらない仕組みとなっているため，継ぎ目部の許容強度を超えた後に円筒管の破壊が生じたと考えられる．一方，PO 型模型は，鉛直荷重により円筒管模型が座屈したため，荷重強度 Q/A_0 が増加から減少に転じたと考えられる．PC 型模型と PO 型模型の円筒管模型の破壊形式は異なると考えられるが，これらの円筒管模型の破壊現象が S/B の大きなところでのフーチングの支持力発現に大きく影響していることは明らかである．

図-4 実験後の PC 型模型(左)，PO 型模型(右)

次に，PC 型模型による地盤改良についての考察を行う．PC 型模型による地盤改良の荷重強度 Q/A_0 は，S/B=0.12 付近までは PL 型模型の荷重強度 Q/A_0 とほぼ等しい挙動を示しており，S/B=0.3 付近までは PO 型模型の荷重強度 Q/A_0 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により，支持力は増大したと言える．

3.2 支持力強度(Q/A_0 at S/B=0.1)による比較

「建築基礎構造設計指針」[1]より，鉄筋コンクリート造の連続基礎での許容最大沈下量は 10cm であり，本実験で想定している布基礎においては，S/B=0.2 の時に相当するが，ここでは荷重強度 Q/A_0 の低下がみられない沈下量の範囲の S/B=0.1 の荷重強度 Q/A_0 の値を支持力強度と定義し，この支持力強度を用いて全実験ケースの比較を行う．図-5 に各実験結果の支持力強度を示す．図-5 より，各模型のサイズごとに PC 型模型，PO 型模型の支持力強度を比較すると，全サイズにおいて，円筒管模型の上端・下端を閉塞することで支持力強度が増加していることから，薄肉円筒管を用いた地盤改良工法の管上端・下端を閉塞することで，支持力は増大すると考えられる．また PL 型模型に対する PC 型模型の支持力強度の割合は，PC 型模型の円筒管模型の管径が 27mm の時，軟弱層が 167mm の場合で約 99%，軟弱層が 83mm の場合で約 89%であり，円筒管模型の管径が 14mm の時，軟弱層が 167mm の場合で約 85%，　軟弱層が 83mm の場合で約 99%となり，PC 型模型内の中詰材は剛体に近い挙動を示したものと考えられる．

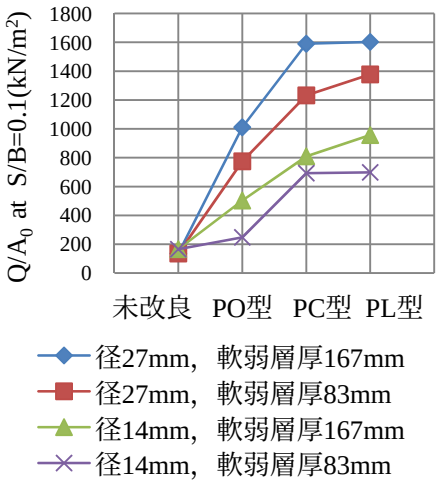

図-5 支持力強度の比較

4.まとめ

小規模建築物基礎に薄肉円筒管を用いた軟弱地盤改良工法においては，薄肉円筒管の上端・下端を閉塞することで支持力は増大し，薄肉円筒管の破壊が生じるまでは中詰材が剛な状態に近い挙動を示す．

5.参考文献

1)建築基礎 PLUS 土を掘る技術と固める技術，田中修身，株式会社建築技術，P123～124