

山留め芯材とソイルセメント間に作用する先端支圧及び 頭付きスタッド支圧の評価

山黒 寛矢 土佐内 優介
岸 俊甫

概 要

仮設構造物として建物外周に施工されたソイルセメント柱列壁は、工事終了後も地中に残置されることが一般的である。これを躯体と接続させて、鉛直荷重の一部を負担させることで、建物外周の杭本数又は杭径の削減をすることができ、基礎構造の合理化が可能である。建物の鉛直荷重を山留め芯材とソイルセメント改良体から構成される杭体で支持する場合、仮設で使用するソイルセメント改良体では杭体の耐力が不十分であると考えられる。そこで、杭体の耐力を向上させるために、山留め芯材のウェブに頭付きスタッドなどの支圧部材を設けることや、ソイルセメント一軸圧縮強さを高くするなどの対応がされる。

本報告では、ソイルセメント一軸圧縮強さをパラメータとして、①山留め芯材先端とソイルセメント改良体に作用する先端支圧強度および、②山留め芯材に頭付きスタッドを設けた際の頭付きスタッドとソイルセメント改良体に作用する支圧強度の評価を目的として実施した要素実験の結果について示す。

実験から得られた知見は以下のとおりである。①先端支圧強度 q_b とソイルセメント一軸圧縮強さ q_u は線形関係を示し、 $q_b = 7.5 q_u$ ($q_u \leq 5.0 \text{ N/mm}^2$) で評価できる。②頭付きスタッドの支圧強度 q_s は、実験結果と既往文献より、 $q_s = 8.0 q_u$ ($q_u \leq 5.0 \text{ N/mm}^2$) で評価できる。

Evaluation of tip bearing pressure and stud bearing pressure acting between earth retaining core material and soil cement

Abstract

Soil mixing walls constructed as temporary structures around buildings are generally left underground even after construction is complete. However, by connecting the soil mixing wall to the building frame and supporting the building, it is possible to rationalize the foundation. When supporting a building with a soil mixing wall, a normal soil mixing wall does not have sufficient strength. Therefore, to strengthen the soil mixing wall, the unconfined compressive strength of soil cement is improved, and studs are welded in the earth retaining core material.

In this report, an experiment was conducted to evaluate the tip bearing pressure and stud bearing pressure acting between the earth retaining core material and soil cement.

As a result, the tip bearing strength is 7.5 times the soil cement unconfined compressive strength. Also, the stud bearing strength is 8.0 times the soil cement unconfined compressive strength.

キーワード：ソイルセメント柱列壁、先端、頭付きスタッド、支圧強度、要素実験、一軸圧縮強さ

§1. はじめに

1.1 背景

仮設構造物として建物外周に施工されたソイルセメント柱列壁¹⁾は、工事終了後も地中に残置されるのが一般的である。しかし、これを躯体と接続させて、鉛直荷重の一部を負担させることで、建物外周の杭本数又は杭径の削減をすることができ、基礎構造の合理化が可能である。

1.2 目的

図1に支持機構について示す。鉛直荷重に対しては、①地盤から定まる耐力、②山留め芯材とソイルセメント改良体で構成される杭体から定まる耐力、③山留め芯材と建物躯体の接合部の耐力の検討が必要である。②杭体から定まる耐力は、②-1 山留め芯材とソイルセメント改良体の間に作用する付着力、②-2 山留め芯材に設置した支圧部材とソイルセメント改良体に作用する支圧力、②-3 山留め芯材先端とソイルセメント改良体に作用する先端支圧力から構成されており、それぞれの耐力検討が必要である。これらの耐力については複数の報告²⁻⁵⁾がされている。

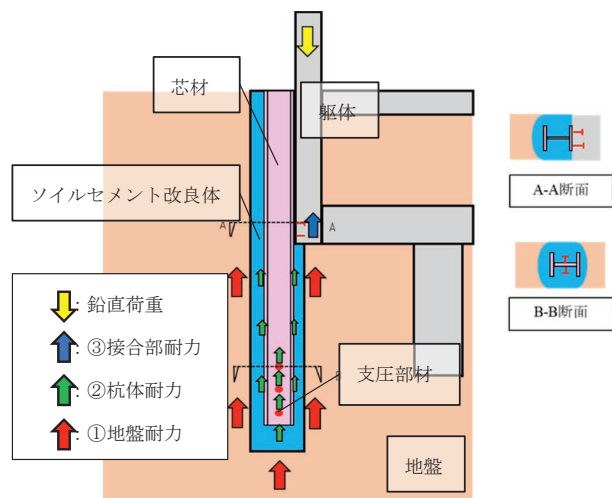


図1 支持機構

本報告ではソイルセメント一軸圧縮強さをパラメータとした際の、山留め芯材先端とソイルセメント改良体に作用する先端支圧強度、山留め芯材に頭付きスタッドを設けた際の頭付きスタッドとソイルセメント改良体に作用する支圧強度の評価を目的として実施した要素実験について示す。

§2. 実験1：先端支圧強度確認実験

2.1 実験概要

試験体の概要図を図2に示す。試験体は円柱型の透

明塩ビ管（内径 $D=202$ mm）内にソイルセメントを充填し、載荷板（PL-200×140×20）を溶接したH形鋼（H-125×125×6.5×9）をソイルセメント上面中央に設置し、底面には $t=10$ mmの鋼板を敷いた。載荷時に付着力が働かないように、H形鋼側面にはシリコングリースを塗布している。ソイルセメント径とH形鋼のサイズは、実際のソイルセメント柱列壁における削孔径と芯材せいの比から決定した。

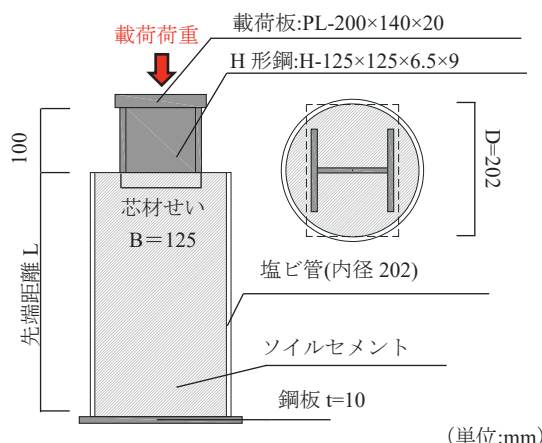


図2 実験1 試験体概要

表1に実験ケースを示す。ソイルセメント強度 q_u と、先端距離 L と芯材せい B （125 mm）の比 L/B をパラメータとして全11ケース実験を行った。ソイルセメント強度 q_u は 0.5 N/mm²、 2.5 N/mm²、 5.0 N/mm²を目標とし、実験直前に行った一軸圧縮試験の結果はそれぞれ 0.57 、 2.56 、 5.11 N/mm²であった。

表1 実験1 実験ケース

試験体 No.	目標強度 [N/mm ²]	先端距離 L	L/B
1-1	0.5	62.5	0.5
1-2		187.5	1.5
1-3		250	2.0
1-4	2.5	62.5	0.5
1-5		187.5	1.5
1-6		250	2.0
1-7	5.0	62.5	0.5
1-8		125	1.0
1-9		187.5	1.5
1-10		250	2.0
1-11		375	3.0

写真1に試験体設置状況を示す。荷重は万能試験機(アムスラー)を使用し、アムスラー上部の耐圧盤にロードセルを設置して荷重の計測を行った。試験体には載荷板上部に変位計測用プレートを載せ、さらにその上部に円柱型の球座を設置し押し込み荷重を行った。計測項目は載荷点(載荷板中央)の荷重、変位計測用プレートの鉛直変位(4点)である。

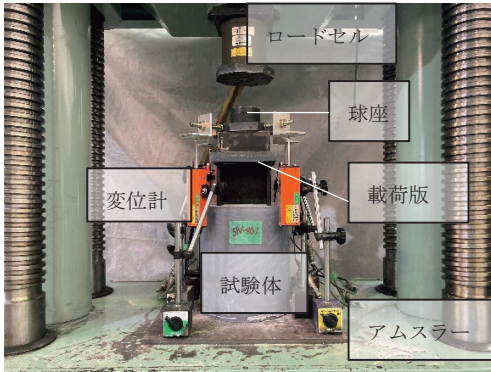


写真1 実験1 試験体設置状況

2.2 実験結果

図3(a)~(c)に鉛直荷重と鉛直変位の関係を、ソイルセメント強度 $q_u=0.5, 2.5, 5.0 \text{ N/mm}^2$ ごとに示す。図中に載荷板がソイルセメント径の10%(0.1D)変位した時の荷重を示している。写真2に載荷終了時の状況写真を示す。L/B=0.5の試験体では、変位が

20~30 mm程度でソイルセメントがH形鋼の形状で押し込まれたようなパンチ破壊が起きた。そのほかの試験体は多少ひび割れが生じたが、載荷終了時(40 mm)までソイルセメントの破壊は起こらなかった。初期剛性は q_u ごとにほぼ同じになっていることが確認できる。どのケースも変位が1.5 mm程度で剛性低下が見られるが、載荷終了時まで荷重は増加し続けていた。剛性低下後はL/Bが大きくなるほど0.1D変位時の荷重が小さくなっている。ただし、 $q_u=5.0 \text{ N/mm}^2$ のケースではL/B=2.0と3.0の0.1D変位時点で比較すると、荷重が2%程度しか変わらず、剛性もほとんど一致していることが確認できた。また、図4に先端支圧強度と一軸圧縮強さ q_u 関係のグラフを示す。先端支圧強度は荷重をH鋼の断面積で除した値で、荷重は0.1D変位時点で整理を行った。L/Bごとに整理を行うとL/B=1.5, 2.0では、先端支圧強度がほぼ線形的に増加していることが読み取れる。図5に先端支圧強度を一軸圧縮強さ q_u で除して基準化した先端支圧係数とL/Bの関係を示す。 $q_u=0.5 \text{ N/mm}^2$ に着目すると、L/Bが大きくなるほど先端支圧係数が低くなっており、L/B=1.5と2.0を比較すると10%程度減少していることが確認できる。また、 $q_u=2.5, 5.0 \text{ N/mm}^2$ でも同様の傾向がみられ、L/B=1.5と2.0で先端支圧係数はそれぞれ18%、6%減少する結果となった。また、 $q_u=5.0 \text{ N/mm}^2$ のL/B=2.0と3.0では3%減少となっ

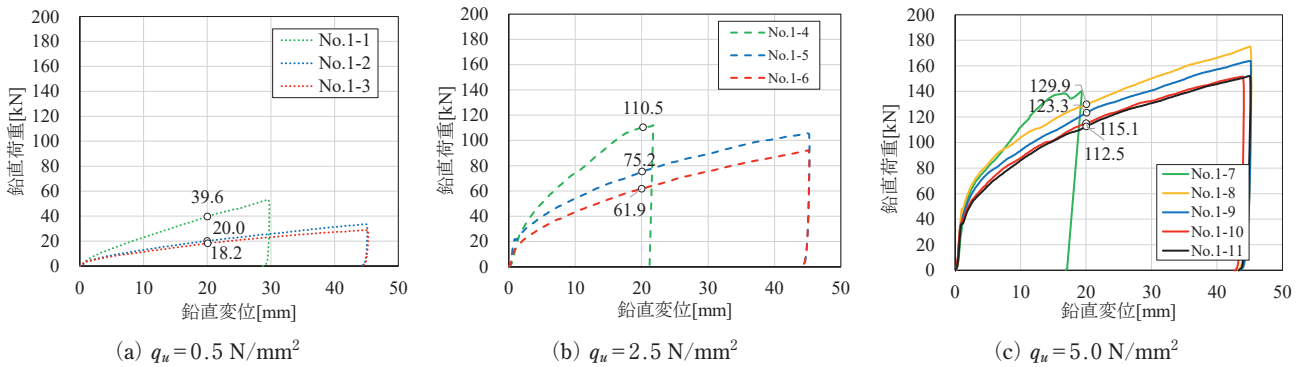


図3 荷重変位関係



写真2 載荷終了時の状況

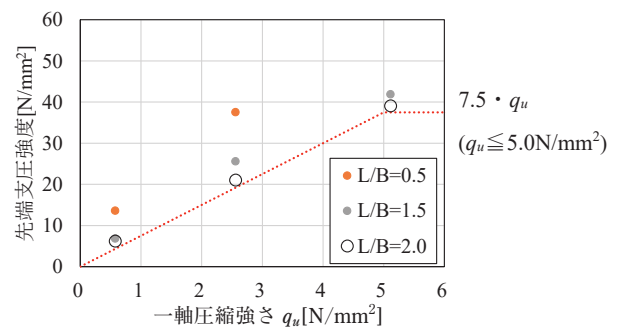


図4 先端支圧強度と一軸圧縮強さ関係

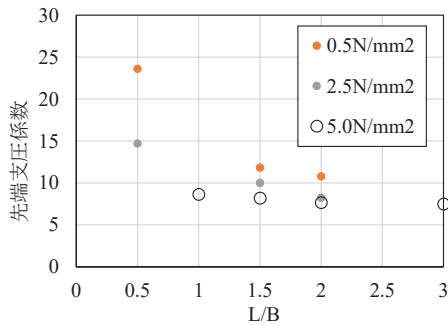


図5 先端支圧係数と L/B 関係

ており、大きな差がない結果となった。

以上より、H形鋼をソイルセメントに押し込む際の先端部分の影響範囲はL/Bが0から2.0程度であると推察できる。また、先端支圧強度とソイルセメント一軸圧縮強さ q_u は線形関係であることから、先端支圧強度 q_p は $L/B=2.0$ の結果の下限の回帰線を用いて $q_p=7.5 \cdot q_u$ ($q_u \leq 5.0 \text{ N/mm}^2$)で評価することとした。

§3. 実験2：頭付きスタッドの強度確認実験

3.1 実験概要

試験体の概要図を図6に示す。試験体は円柱型の透明塩ビ管内(内径 $D=202 \text{ mm}$)に、ウェブ面に頭付きスタッドを溶接したH形鋼(H-125×125×6.5×9)を設置し、ソイルセメントを充填した。頭付きスタッドは軸径7mm、長さ35mmのものを使用し、ピッチを100mmとしてウェブの両面に千鳥配置となるように合計6本打設した。試験体に付着力と先端支圧力が発生しないように、H形鋼側面にはフリクションカット、先端にはスタイロフォームを設けた。

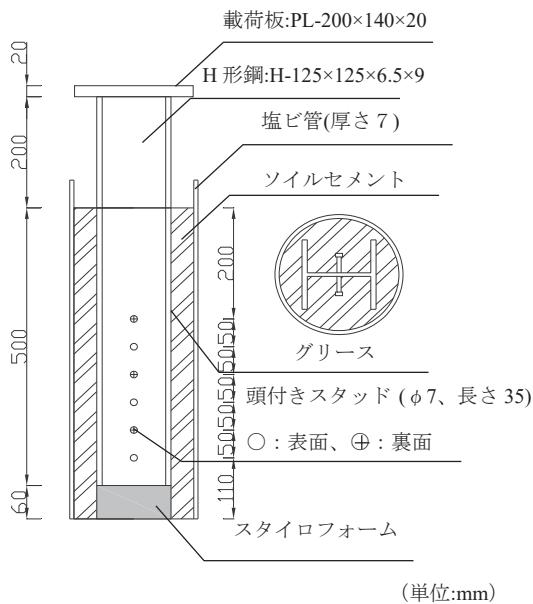


図6 実験2試験体概要

実験ケースを表2に示す。ソイルセメント一軸圧縮強さ q_u をパラメータとして、3種類実験を行った。ソイルセメントの一軸圧縮強さ q_u は0.5、5.0、10.0 N/mm^2 を目標とし、実験直前に行った一軸圧縮試験の結果はそれぞれ0.62、5.71、11.14 N/mm^2 であった。

表2 実験2実験ケース

試験体 No.	目標強度 [N/mm^2]	スタッド径 [mm]	スタッド長さ [mm]	スタッド本数 [本]	支圧面積 [mm]
2-1	0.5	7	35	6	1470
2-2	3.0				
2-3	5.0				

写真3に試験体設置状況写真を示す。荷重フレーム上部に油圧ジャッキを下向きに、油圧ジャッキ下部にはロードセルを取り付け、試験体の載荷板に載せた球座を介して押し込み荷重を行った。計測項目は荷重点の荷重、載荷板の鉛直変位(4点)である。

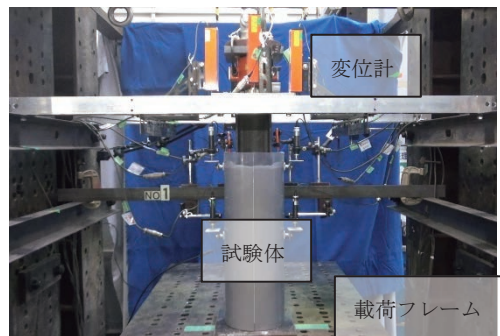


写真3 実験2試験体設置状況

3.2 実験結果

図7に頭付きスタッド試験体の荷重変位関係を図8に支圧強度と一軸圧縮強さ q_u の関係を示す。最大荷重はソイルセメント一軸圧縮強さ q_u に応じて大きくなっていることがわかる。また、最大荷重時の変位はNo. 2-1の試験体で11.84mm、No. 2-2の試験体で34.64mm、No. 2-3の試験体で24.36mmであり、違いが見られた。実験後には破壊モードを確認するために試験体の解体を行った。写真4にNo. 2-1とNo. 2-2解体後の写真を示す。No. 2-1の試験体では頭付きスタッドが曲がらず、直下のソイルセメントが押し潰されているような破壊モードであったため、ソイルセメントの支圧破壊であると判断した。一方でNo. 2-2では頭付きスタッドが根元から上方向に曲がっていることが確認できた。No. 2-3も同様の破壊モードであったこ

とから、No. 2-2、No. 2-3 はソイルセメントの支圧破壊ではなく、頭付きスタッドが曲げ降伏をしていたことが確認された。

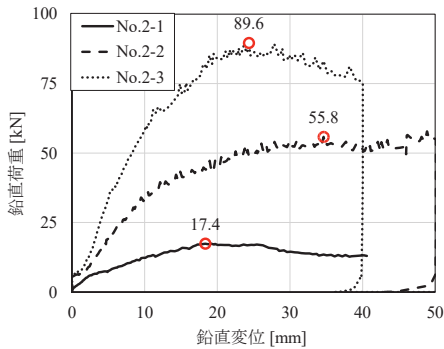


図7 荷重変位関係

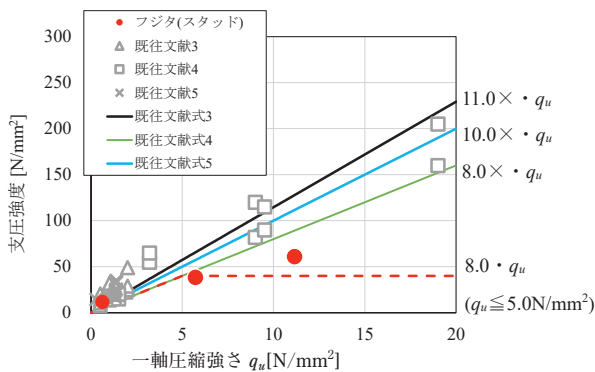
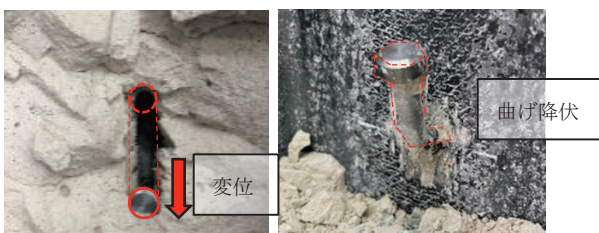


図8 支圧強度と一軸圧縮強さ q_u 関係



No. 2-1 解体写真

No. 2-2 解体写真

写真4 試験体解体写真

図8に頭付きスタッドの支圧強度とソイルセメントの一軸圧縮強さ q_u の関係を示す。また、図8には他社で行った同様の実験結果^{2~5)}についてもプロットしている、頭付きスタッドの支圧強度と一軸圧縮強さ q_u は概ね線形関係を示していることが確認できる。実験結果と既往文献から、頭付きスタッドの支圧強度 q_s は $q_s = 8.0 \cdot q_u$ ($q_u \leq 5.0 \text{ N/mm}^2$) で評価が可能であると判断した。

§4. おわりに

ソイルセメント一軸圧縮強さをパラメータとした際の頭付きスタッドの支圧強度と先端支圧強度の評価を目的とした要素実験を行った結果を下記に示す。

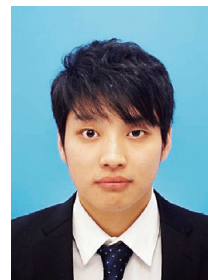
- ・先端支圧強度 q_p とソイルセメント一軸圧縮強さ q_u は線形関係を示しており、 $q_p = 7.5 \cdot q_u$ ($q_u \leq 5.0 \text{ N/mm}^2$) で評価できる。
- ・頭付きスタッドの支圧強度 q_s は、実験結果と既往文献より、 $q_s = 8.0 \cdot q_u$ ($q_u \leq 5.0 \text{ N/mm}^2$) で評価できる。

参考文献

- 1) SMW 協会：SMW 連続壁 標準積算資料 [設計・施工・積算編]、2020
- 2) 渡邊康司ほか：本設杭に用いるソイルセメント柱列壁の鉛直支持力評価、大林組技術研究所報、No. 80、pp. 1-10、2016
- 3) 和田后司ほか：本設杭に用いるソイルセメント柱列壁の杭体耐力に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 431-432、2019.9
- 4) 中村良雄ほか：ソイルセメント本設杭工法の開発(その1~8)、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 671-686、2003.9
- 5) 田屋裕司ほか：ソイルセメント壁の杭利用に関する研究(その3~4)、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 471-472、507-508、2010.9

ひとこと

近年、山留めの本体利用、基礎の合理化は関心の高い分野となっております。一刻も早く工法を適用できるように、今後も尽力していきたいと思っております。



山黒 寛矢