

ソイルセメント山留め壁の鉛直支持力に及ぼす地盤の拘束効果に関する研究

- 芯材形状の影響 -

日大生産工(院) ○桐谷 凌
日大生産工 下村修一

1. はじめに

逆打ち工法や地盤アンカー工法で山留め壁に鉛直支持力を負担させる場合、山留め壁の鉛直支持力の検討が必要となる。山留め設計指針¹⁾(以下、指針)には、ソイルセメントの設計基準強度から算定される付着強度と圧縮強度を用いた杭体強度から決まるソイルセメント山留め壁の鉛直支持力評価式が示されている。既往の研究²⁾では、地盤による拘束状態を模擬したアクリル管にソイルセメントを充填し、等幅芯材を挿入した供試体の鉛直載荷試験により、芯材下ソイルセメントの側方変形による地盤の拘束圧の上昇に伴う支圧抵抗の増大を確認した。しかし、芯材形状により付着破壊の性状が異なることが予測され、それに伴い支圧抵抗機構にも違いが出る可能性がある。

そこで本研究では、細幅芯材を用いた供試体の鉛直載荷試験を実施し、支圧抵抗の増大に及ぼす芯材形状の影響を検討した。

2. 実験条件及び手順

Table1 に実験条件を示す。ソイルセメントの目標強度は 2N/mm^2 である。アクリル管による拘束の有無と、ソイルセメント径 D に対する芯材下ソイルセメント長 H の比、 H/D をパラメータとした。Case1 シリーズは既発表²⁾の等幅芯材を用いた実験である。本研究では新たに細幅芯材を用いた Case2 シリーズを実施した。Case2-1-1、2-1-2、2-2-1、2-2-2 の一体型の実験を基本とし、Case2-1-3、2-2-3 はソイルセメントと芯材の付着抵抗の評価、Case2-1-4、2-1-5、2-2-4、2-2-5 は芯材下ソイルセメントの支圧抵抗の評価を目的として実施した。支圧実験には、一体型の芯材下ソイルセメント部に合わせた直径 100mm 、高さ $50\text{mm} \cdot 200\text{mm}$ の供試体を用いた。一体型の実験が芯材断面形状での付着破壊であったため、供試体を細幅芯材で支圧した。載荷中は、杭頭荷重、杭頭変位、アクリル管のひずみを測定した。

Fig.2 に例として一体型の模型杭の概要を示す。芯材 ($50\text{mm} \times 20\text{mm} \times 4\text{mm} \times 4\text{mm}$) は長さ 300mm の H 形鋼である。ソイルセメント部は直径 100mm 、芯材との付着長さは 190mm であ

Table1 実験条件

Case	目標強度 (N/mm ²)	アクリル管による拘束	H/D	芯材付着長 (mm)	芯材形状 (mm)	目的
1-1-1	2	無	0.5	190	等幅芯材 (50×50)	一体型
1-1-2			2.0			
1-1-3			0			
1-1-4			0.5			支圧抵抗
1-1-5			2.0			
1-2-1		0.5	有	190		一体型
1-2-2		2.0				
1-2-3		0				
1-2-4		0.5				支圧抵抗
1-2-5		2.0				
2-1-1		0.5	無	190	細幅芯材 (50×20)	一体型
2-1-2		2.0				
2-1-3		0				
2-1-4		0.5				支圧抵抗
2-1-5		2.0				
2-2-1	0.5	有		190		一体型
2-2-2	2.0					
2-2-3	0					
2-2-4	0.5					支圧抵抗
2-2-5	2.0					

※Case1 シリーズは既往の研究²⁾で実施済

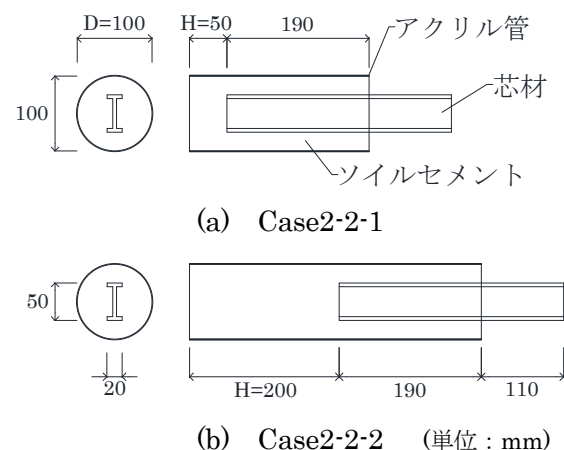


Fig.2 模型杭概要 (一体型)

Study on Soil Constraint Influence of Vertical Bearing Capacity of Soil Cement
Earth Retaining Wall
- Comparison of Core Material Shape -

Ryo KIRITANI and Shuichi SHIMOMURA

る。アクリル管は内径 100mm, 肉厚 1mm とした。ソイルセメントとアクリル管の摩擦を切るため、アクリル管の内側にグリースを塗布した。ソイルセメントの配合条件及び供試体の作製手順は既往の研究²⁾と同様である。本試験時に同様の配合で作製した供試体の一軸圧縮強さは 1.7~2.5N/mm²であった。

Fig.3にアクリル管のひずみゲージ位置を示す。既往の研究²⁾と同様に、ひずみゲージはアクリル管外周の各断面に4または8方向の軸方向と周方向に貼り付けた。ひずみ値からソイルセメントの直径増加量及びアクリルによる拘束圧を算出した。アクリル管の降伏は2方向応力時のミーゼスの降伏条件で判定した。アクリルの変形係数は、別途実施したアクリル試験片の引張試験を基に、降伏前 $E_1=2.7\text{GPa}$, 降伏後 $E_2=0.96\text{GPa}$, ポアソン比は0.368とした。

3. 実験結果

Case2シリーズについて、Fig.4に杭頭荷重-杭頭変位、Fig.5、6にアクリル管で拘束した条件のソイルセメントの直径増加量及び各断面の拘束圧と杭頭変位の関係を示す。直径増加量と拘束圧は各断面の平均値である。一体型では、アクリル管による拘束の有無に関わらず、

杭頭変位0.4mm程度で付着切れと見られる杭頭荷重の低下が見られる。アクリル管で拘束したCase2-2-1、2-2-2では、付着切れ後に杭頭荷重の漸増が認められる。また、芯材下端以深の5断面の直径増加に伴う拘束圧の上昇が顕著である。付着抵抗を評価するCase2-2-3では、アクリル管の拘束による付着切れ後の荷重の漸増は認められず、拘束圧もほぼ発生していない一方、支圧抵抗を評価するCase2-2-4、2-2-5では、杭頭荷重の漸増と、5断面の顕著な拘束圧の上昇が認められる。このことから、アクリル管の拘束による杭頭荷重の漸増は、芯材下ソイルセメントの側方変形による拘束圧の上昇に伴う、支圧抵抗の増大であると言える。

4. 芯材形状による支圧抵抗の比較

Fig.7、8に支圧抵抗を評価する条件の杭頭荷重-杭頭変位関係、拘束圧と杭頭変位の関係を既往の研究²⁾の結果と併記して示す。拘束圧には5断面の値を用いた。なお、等幅芯材を用いたCase1シリーズは、杭頭荷重4~6mmでアクリル管が破断している。アクリル管による拘束の有無、H/Dに関わらず、細幅芯材を用いたCase2-1-4、2-2-4、2-1-5、2-2-5では、等幅芯材を用いたCase1-1-4、1-2-4、1-1-5、1-2-5に

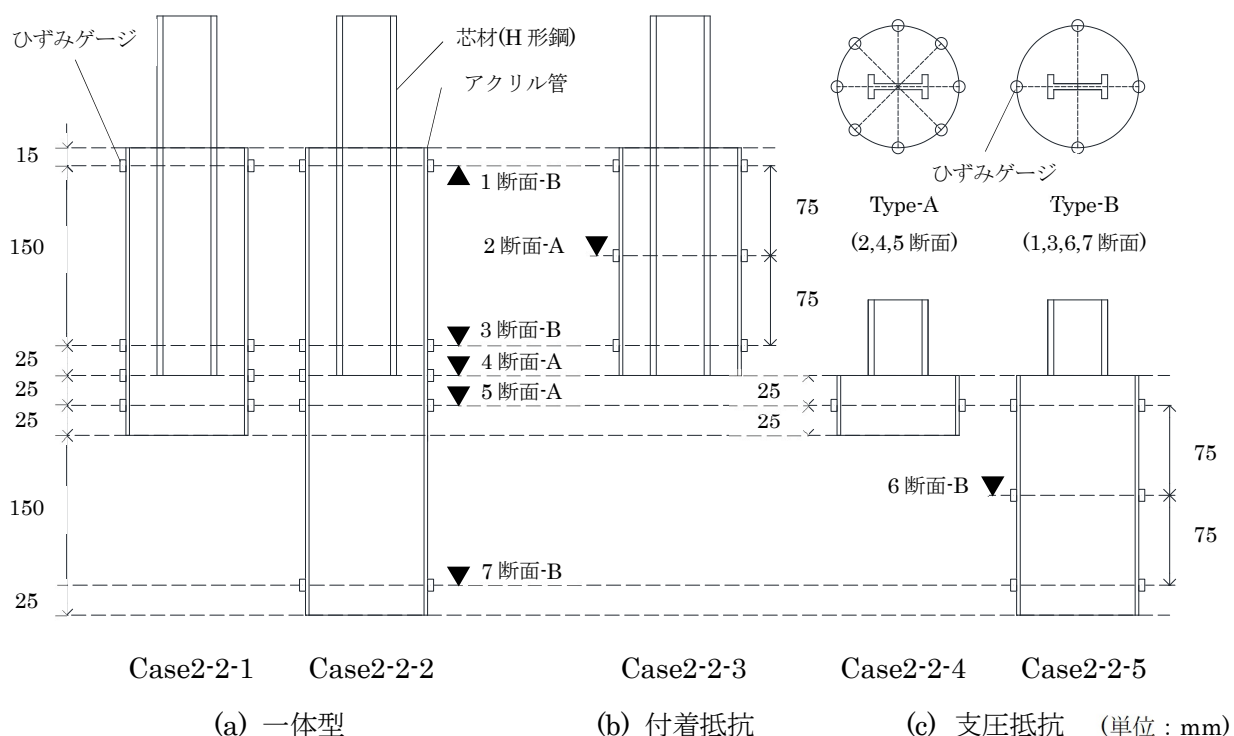


Fig.3 ひずみゲージ位置

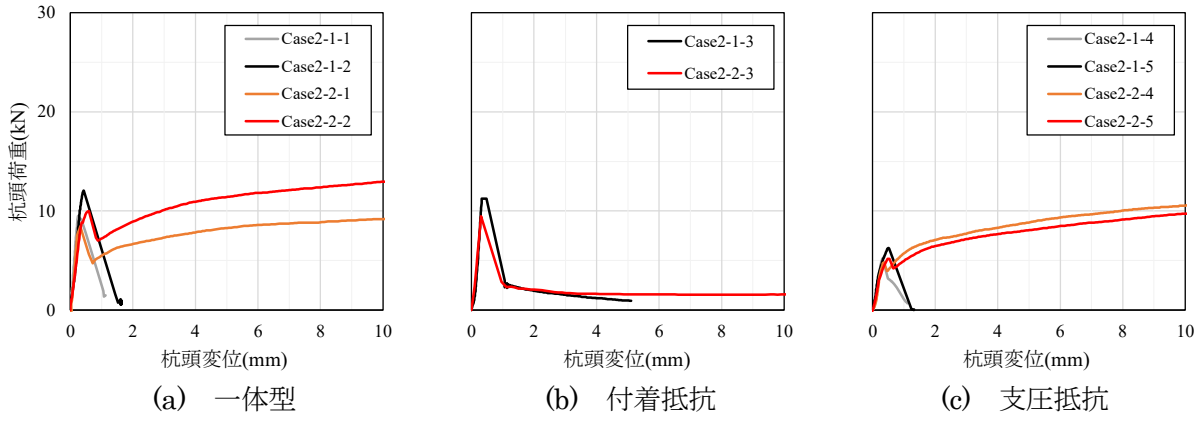


Fig.4 杭頭荷重－杭頭変位関係

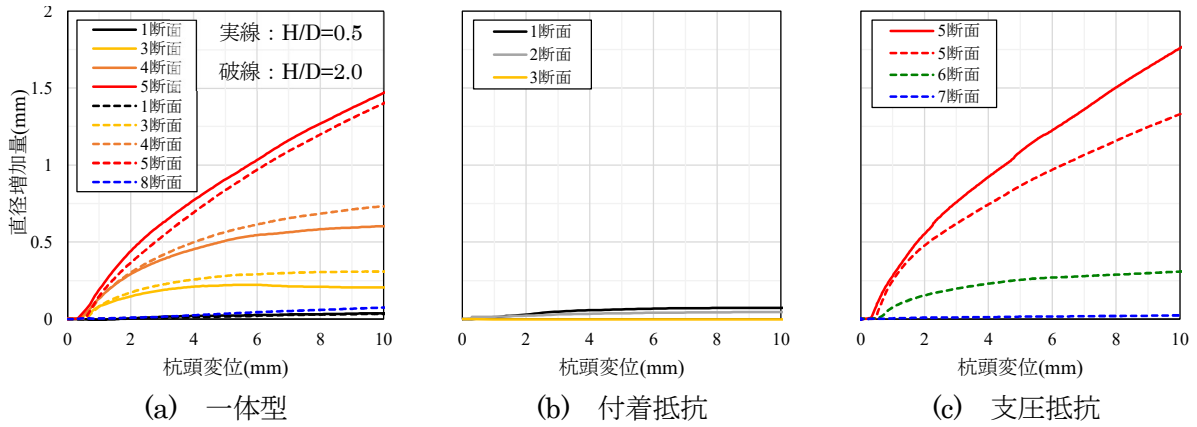


Fig.5 直径増加量－杭頭変位関係

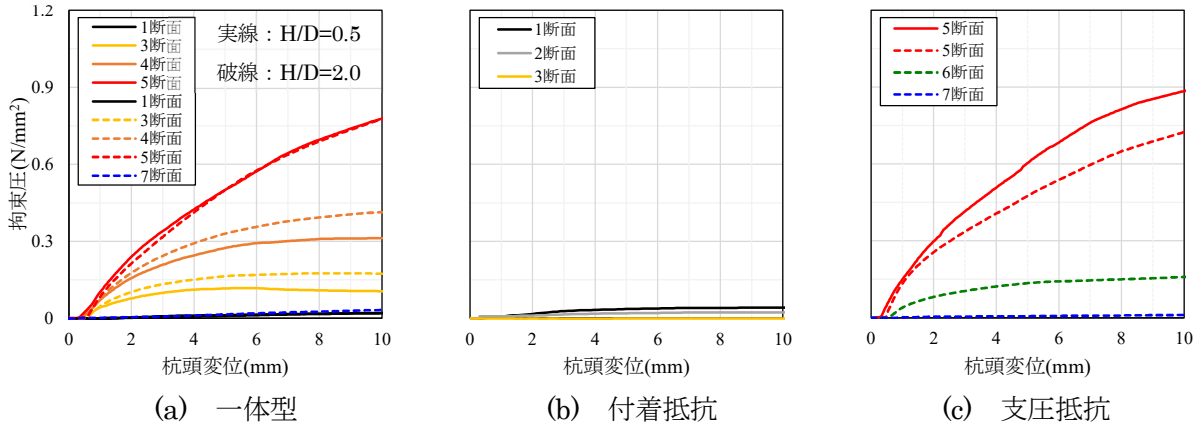


Fig.6 平均拘束圧－杭頭変位関係

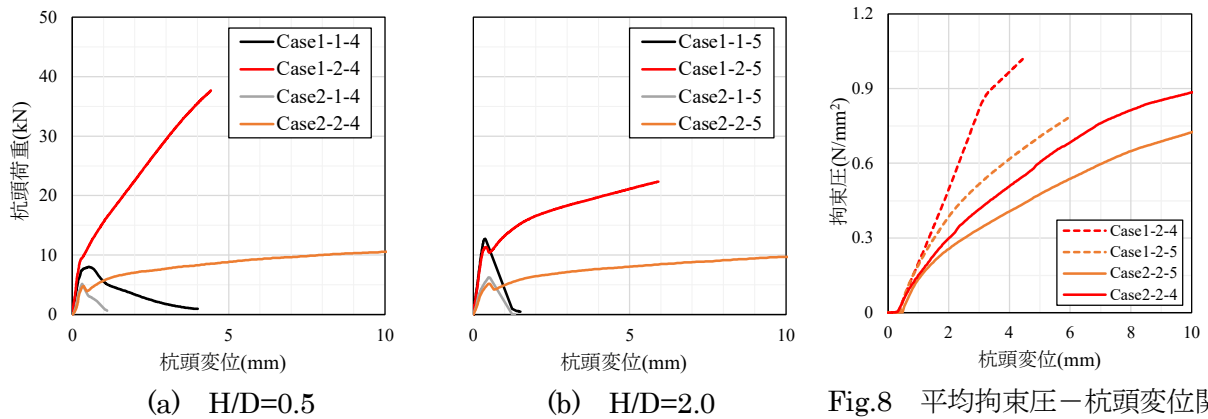


Fig.7 杭頭荷重－杭頭変位関係 (芯材形状による比較)

Fig.8 平均拘束圧－杭頭変位関係 (芯材形状による比較)

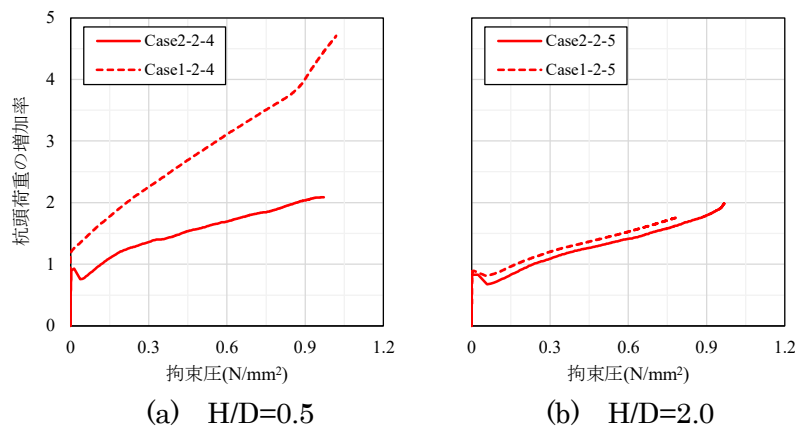


Fig.9 杭頭荷重—平均拘束圧関係（芯材形状による比較）

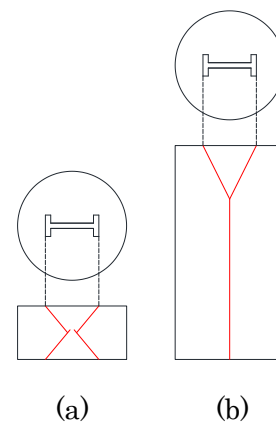


Fig.10 破壊性状

比べ、同一杭頭変位時の杭頭荷重が小さく、拘束圧も小さい。

Fig.9にアクリル管で拘束した支圧抵抗を評価する条件の杭頭荷重を無拘束条件の最大杭頭荷重で除した杭頭荷重の増加率と5断面の拘束圧の関係を既往の研究²⁾の結果と併記して示す。H/D=0.5について、細幅芯材を用いたCase2-2-4は、等幅芯材を用いたCase1-2-4に比べ、同一拘束圧時の杭頭荷重の増加率が小さく、拘束圧の上昇による支圧抵抗の増大効果は支圧面の形状に依存している。一方、H/D=2.0では、細幅芯材を用いたCase2-2-5は、等幅芯材を用いたCase1-2-5に比べ、同一拘束圧時の杭頭荷重の増加率が同程度である。後述のように、H/Dが小さい場合、拘束効果を過大評価している可能性があり、拘束効果は支圧面の形状の影響を受けていると考えられる。

5. 破壊性状の考察

Fig.10にアクリル管で拘束した支圧抵抗を評価する条件の載荷後の破壊性状を示す。芯材形状に関わらず、H/D=0.5はFig.10 (a)の破壊、H/D=2.0はFig.10 (b)の破壊であった。(a)の破壊は、支圧面直下と載荷盤直上の2箇所にコーンが形成されていた。載荷盤直上のコーンは、H/Dが小さいことが原因で発生するパンチング破壊を載荷盤が抑え込むように形成されたと考えられる。つまり、Case1-2-4、2-2-4で確認された拘束圧の上昇に伴う支圧抵抗の増大は、供試体底面が剛な鉄板であることから、パンチング破壊を載荷盤が抑え込み、地盤内にあるソイルセメント杭と比べ、拘束圧上昇による

支圧抵抗の増大を過大評価している可能性が考えられる。(b)の破壊は、支圧面直下にコーンが形成され、コーン周辺部のソイルセメントが押し広げられて破壊したものと考えられる。

6. まとめ

本研究では、地盤による拘束状態を模擬したアクリル管にソイルセメントを充填し、芯材を挿入した供試体の鉛直載荷試験を、芯材形状をパラメータとして実施した。得られた知見は以下の通りである。

- 1) 芯材形状に関わらず、供試体の鉛直載荷に伴う、芯材下ソイルセメントの側方変形によって、拘束圧が上昇し、ソイルセメントの支圧抵抗が増大する。特に、芯材下ソイルセメント長が短い条件で顕著に表れる。
- 2) 細幅芯材を用いた供試体では、等幅芯材に比べ、支圧面積が小さいため、拘束圧の上昇が小さく、支圧抵抗の増大も小さい。
- 3) 芯材下ソイルセメント長が短い条件では、供試体のパンチング破壊を供試体底面の剛な載荷盤が抑え込み、拘束圧上昇による支圧抵抗の増大を過大評価している可能性がある。

参考文献

- 1) 日本建築学会：山留め設計指針、pp.130-133、2017.11
- 2) 桐谷凌、下村修一：ソイルセメント山留め壁の鉛直支持力に及ぼす芯材下ソイルセメント長の影響、第56回地盤工学研究発表会、12-7-5-08、2021.7