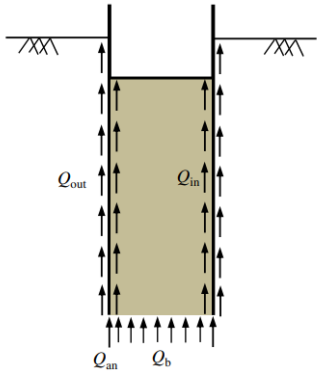


2024年度阪神高速研究助成(若手研究者助成) 研究概要書

申請者	所属	広島大学大学院	職名	准教授	フリガナ	キド リュウノスケ
	専攻	社会基盤環境工学			氏名	木戸 隆之祐
共同研究者	所属	広島大学	職名	教授	フリガナ	ハタ トシロウ
					氏名	畠 俊郎
連絡先	所属	広島大学大学院	職名	准教授	フリガナ	キド リュウノスケ
	専攻	社会基盤環境工学			氏名	木戸 隆之祐
	住所	〒739 - 8527 東広島市鏡山 1-4-1-A2-513				
	電話	(082) 424 - 7785				
研究課題名	鋼管杭の鉛直支持力向上に対するMICP法の適用性に関する研究					
研究結果	<p>1. 研究目的</p> <p>杭基礎は、浅基礎では支持できない軟弱地盤上に構造物を支持するために用いられ、これらは開端杭または閉端杭に分類される。開端杭は閉端杭よりも貫入が容易であり、特に鋼管杭は高い水平抵抗と曲げ剛性を示すことから、日本において耐震性に優れた杭基礎として多く活用されている。また、施工過程においては杭先端下の一部の土塊が杭内部に侵入し、疑似的に閉塞状態が作り出されることで杭の支持力が増加する現象がみられる。これを「閉塞効果」と呼ぶ(図1)。しかし、開端杭の施工過程に</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  </div> <p>図1: 閉塞効果発現時の支持力構成要素</p> <p>おける閉塞挙動は一様ではなく、貫入の進行に伴って刻々と変化することが知られている。そのため最終的に必ずしも高い閉塞度が維持されているとは限らず、結果として開端杭が最大限の支持力を発揮できるとは限らない。</p> <p>一方、近年では微生物機能による炭酸カルシウム析出を活用した地盤改良技術であるMICP(Microbially Induced Calcite Precipitation)が注目されている。同技術は、従来のセメント固化法および密度増大法等のように大規模な重機を必要とせず、実質のCO₂排出量を抑えられるといった利点がある。</p> <p>本助成課題では、MICP技術による開端杭の支持力向上の適用性を調べることを兼用した。そのためMICP技術を用いた地盤および未処理土に対する開端杭の貫入試験を行い、支持力変化を調べた結果をここに報告する。</p> <p>2. 実験模型および固化処理の手法</p> <p>土槽素材にアクリル、杭模型にスチール、試料に豊浦砂をそれぞれ用いて模型地盤を作成した。土槽は底面が一辺15cmの正方形、高さ30cmの形状とした。杭は全長30cm、内径25mm、肉厚1mmであり、根入れ長を15cmと設定して、MICP処理の有無による貫入挙動および支持力特性の違いを比較した。内部構造の模式図を図2に示す。</p> <p>また、模型地盤の作成手順も以下に示す。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 円筒の塩化ビニルの中に蒸留水を適量入れる。(図2-a) 					

- 杭模型を土槽の中心且つ垂直に保ったまま、砂試料を杭下まで水中落下法で相対密度 90% になるように締め固める。(図 2-b)
- 水位が砂表面より上になるよう留意し、高さ 1500 mm に達するまで土を締め固める。
- 杭の内部にも外部と同じ高さになるまで土を入れる。

ウレアーゼ活性を有する微生物である *S.pasteurii* を用いて、作成した模型地盤の一つに

MICP を適用した。微生物培養液を 400 ml 通水させた後、固化溶液も同体積分通水させた。4 日後に再度同体積分の通水を行い更に 3 日間養生させた。この模型を用いて、載荷試験装置にて 1mm/min の速さで貫入試験を行った。

3. 結果

貫入試験により得られた未処理土及び MICP 処理土の荷重変位関係を図 3 に示す。

どちらも貫入開始直後に大きく荷重が上がり、その後は緩やかに増加し続けている。貫入率が 3.0 に達すると、最終的には MICP 処理土が未処理土に比べ約二倍の支持力を発揮した。これは MICP 処理が支持力向上に有用であるということを示唆している。

また、今実験で使用した模型地盤の内部試料を対象に、酸分解試験を行った。これは MICP 処理による炭酸カルシウムの析出量を定量的に評価する手法である。その結果を酸分解試験の概念図と共に以下の図 4 および表 1 に示す。貫入深さは計測終了時でおよそ 225 mm であり、それを鉛直深さ方向に 8 分割したものを、また杭直下と杭内部の合わせて 10 地点での酸分解試験を行った。

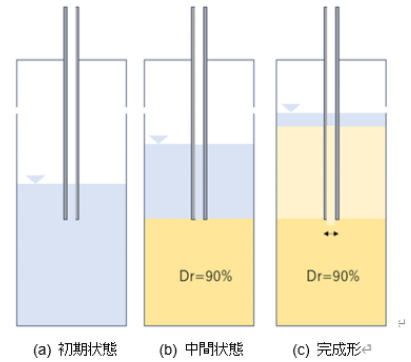


図 2 供試体の内部構造

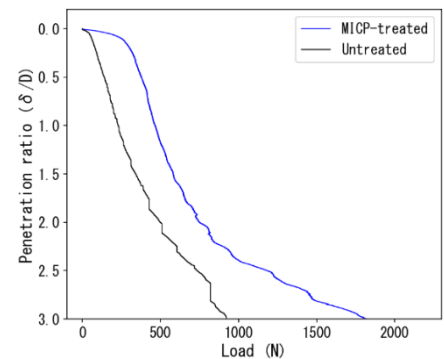


図 3 荷重-変位関係

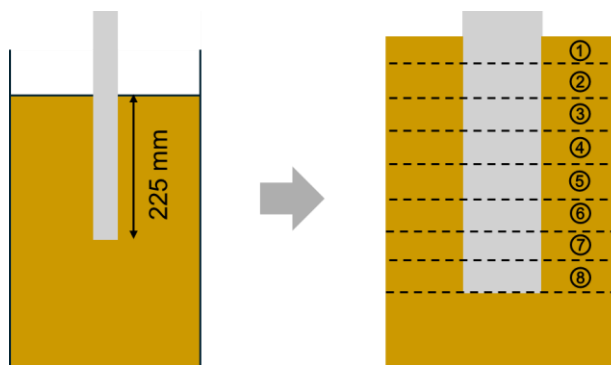


図 4 : 酸分解試験の分割方法

表 1 : 酸分解試験結果

	析出率(%)
1	0.88
2	0.95
3	0.69
4	0.74
5	0.80
6	1.11
7	1.33
8	11.01
杭直下	4.60
杭内部	9.85
平均	3.20

杭の底面付近、及び内部で高い析出率を有している。この結果より、MICP による炭酸カルシウムの析出が、開端杭の支持力構成要素に寄与している可能性が示唆された。

4. まとめ

本研究で得られた知見を抜粋して以下にまとめる。MICP 処理によって開端杭の支持力特性向上効果が確認できた。また、酸分解試験結果より、単なる土壌の強化ではなく開端杭の支持力構成要素に寄与している可能性も示唆された。

今後の課題として、実施工を想定した地盤条件での実験や、試行回数を重ねることで固化溶液濃度と炭酸カルシウムの析出量の定量的な関係の検討を実施していく。