

破砕貝殻杭の静的締固めによる密度変化の基礎的実験

茨城大学 学生会員 ○根本 嵩也 茨城大学大学院 正会員 小林 薫
 エーバイシー フェロー会員 本多 颯二郎 エーバイシー 正会員 宮崎 航

1. はじめに

ホタテ貝殻は年間 50 万 t 以上水揚げされているが、使用用途や処分方法が確立していない。漁港周辺に野積みになされ、悪臭や景観悪化等の環境問題となっている¹⁾。一方、水産系副産物である貝殻の再利用については、持続可能な循環型社会の構築に大いに貢献できる。これを踏まえ、森崎ら²⁾は貝殻を有効かつ大量に再利用することを目的に、破砕貝殻を軟弱地盤の地盤改良材として用いた場合の有効性を報告している。さらに、破砕貝殻を用いた液状化対策工における間隙水圧抑制工法のドレーン材への適用可能性についても研究されている³⁾。しかし、現状では、液状化対策杭に破砕貝殻を用いた場合、設計法にも関与する締固め施工時における杭周辺地盤の密度増加については明らかにされていない。よって、SCP 工法のように杭周辺の砂地盤の密度増加が期待出来れば、間隙水圧抑制効果だけでなく、締固め効果も期待できることになり、破砕貝殻杭の液状化対策工として有効性が増す。

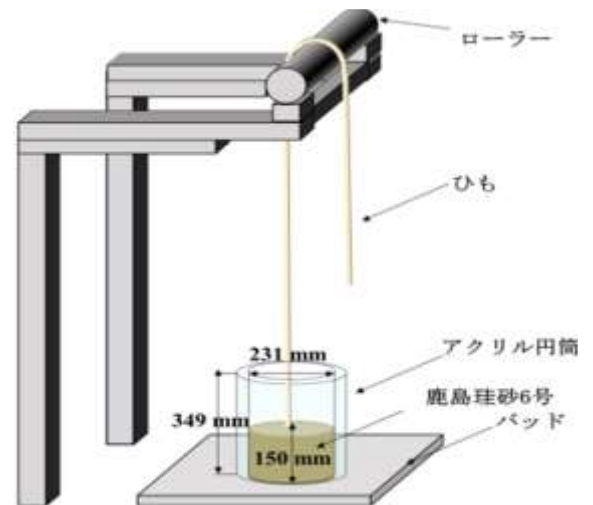
本研究では、液状化対策杭に破砕貝殻を用いた場合の締固め施工を想定した杭周辺地盤の密度増加に及ぼす影響を室内実験の結果を基に明らかにすることを目的とする。その中で、杭周辺の砂地盤の密度変化をブリックサンプリングなどの方法で直接測定することは難しい。そこで、事前に地盤の引き抜き抵抗力と地盤の相対密度（乾燥密度）の関係を求め、締固め前後の引き抜き抵抗力の変化から、間接的に杭周辺地盤の密度変化の把握を試みた。

2. 小型土層引き抜き抵抗実験による周辺地盤の相対密度の評価方法の検討

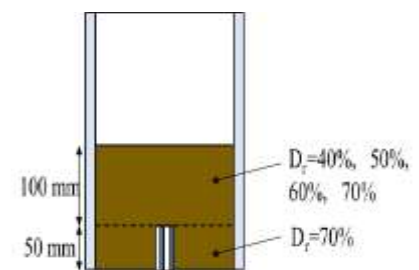
2.1 実験概要

本実験の概要図を図—1、図—2 に示す。引き抜き材として伸びの小さいひも ($\phi=3$ mm)、装置は内径 231 mm、高さ 349 mm のアクリル円筒を用い、アクリル円筒の底面にパッドを設置した。また試料に鹿島珪砂 6 号を用いた。物性値は土粒子密度 $\rho_s=2.69$ Mg/m³、最大乾燥密度 $\rho_{dmax}=1.64$ Mg/m³、最小乾燥密度 $\rho_{dmin}=1.34$ Mg/m³ である。模型地盤の寸法は内径 231 mm、高さ 150 mm とし、周辺地盤の相対密度と引き抜き抵抗の関係を明らかにするために、模型地盤の底面から 50 mm まではいずれのケースも相対密度 $D_r=70\%$ に設定した。また模型地盤の底面から高さ 50 mm-150 mm は相対密度 $D_r=40\%$ 、50%、60%、70% の 4 ケース実施した。

次に実験手順を示す。まず模型地盤の底面から 50 mm までを相対密度 $D_r=70\%$ でひもを埋め込んだ。このとき、ひもの端部 50 mm にパラフィルムと底面に内径 6 mm、高さ 50 mm のストローでひもを保護することで、ひもと周辺地盤の接触を防いだ。次に模型地盤の底面から高さ 50 mm-150 mm を各ケースの相対密度になるよう作製した。試料を入れる際に内径 6 mm のストローでひもを保護しながら行い、ランマーでの締固め前にストローを引き抜くことで、ひもが曲がることを抑止した。模型地盤の作製が終了後ひもをローラーにつるし、ひもの端部に錘を掛け載荷を開始した。なお、本実験は再現性を保つため複数回実験を行った。



図—1 実験概要図



図—2 模型地盤図

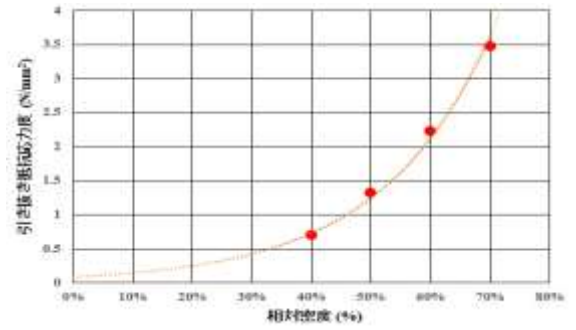
キーワード 破砕貝殻, 締固め工法, 持続可能社会

連絡先 〒316-8511 茨城県中成沢町 4-12-1 TEL : 080-8832-5153 E-mail : 19t5051h@vc.ibaraki.ac.jp

2.2 実験結果と考察

破碎貝殻杭施工時の周辺地盤の密度変化を明らかにするため、周辺地盤の相対密度 D_r と引き抜き抵抗の関係を求めると共に引き抜き抵抗実験による簡易的な地盤の密度評価方法の検討を行った。また、引き抜き抵抗を引き抜き抵抗応力度として評価した。引き抜き抵抗応力度は式(1)で算出した。載荷荷重はひもが完全に引き抜けた際にひもにかかる荷重である。なお、ひもとローラーの摩擦は非常に小さいため考慮しない。

図—3 に実験結果を示す。周辺地盤の相対密度の増加に伴い、引き抜き抵抗応力度が指数関数的増加を示す結果となった。これは周辺地盤の相対密度が増加することで、周辺地盤の内部摩擦角 ϕ の増加や周辺地盤の間隙比の減少が要因として考えられる。また、引き抜き抵抗を基に、密度変化を推定することができる可能性を示した。



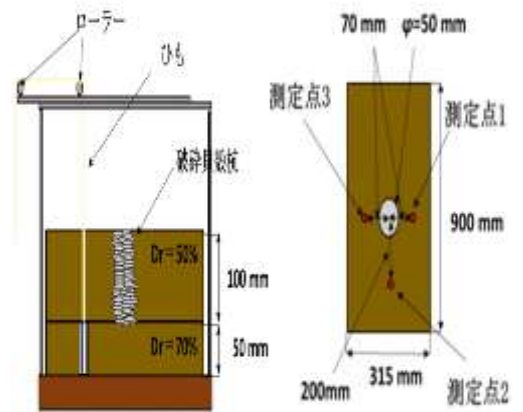
図—3 実験結果

$$\text{引き抜き抵抗応力度(N/mm}^2\text{)} = \frac{\text{載荷荷重(N)}}{\text{埋め込み面積(mm}^2\text{)}} \quad (1)$$

3. 中型土層引き抜き抵抗実験による破碎貝殻杭の密度変化の評価

3.1 実験概要

本実験では 2. の実験結果を基に、杭周辺地盤の密度変化の把握を行った。図—4 に実験概要を示す。模型地盤の寸法は幅 900 mm×高さ 150 mm×奥行き 315 mm である。また、貝殻(粒径 2-4.95 mm)の物性値は土粒子密 $\rho_s=2.67 \text{ Mg/m}^3$ 、最大乾燥密度 $\rho_{dmax}=1.22 \text{ Mg/m}^3$ 、最小乾燥密度 $\rho_{dmin}=0.85 \text{ Mg/m}^3$ である。杭は径 50 mm の穴をあけ、25 mm ごとに造成した。引き抜き抵抗の測定方法は 2. と同様である。測定点 1、測定点 2 は杭締固め前、測定点 3 は杭締固め後の引き抜き抵抗応力度を測定した。



図—4 実験概要

3.2 実験結果と考察

実験結果を表—1 に示す。引き抜き抵抗応力度は式(1)で算出した。表—1 より、杭締固め前後で引き抜き抵抗応力度が増加した。また図—3 より、相対密度増加に伴い、引き抜き抵抗応力度は増加することが分かっている。したがって、本実験ケースでは破碎貝殻杭締固めにより杭周辺地盤の相対密度が増加する可能性が示唆された。

表—1 実験結果

測定点	1	2	3
引き抜き抵抗応力度 (N/mm ²)	1.67	1.87	2.91
引き抜き抵抗応力度 (N/mm ²)	1.87	1.67	2.50
引き抜き抵抗応力度 (N/mm ²)	1.46	1.87	2.29
平均値 (N/mm ²)	1.67	1.80	2.57

4. まとめ

引き抜き抵抗を基に、密度変化を推定することができる可能性を示した。また限られたケースであるが、破碎貝殻杭締固めにより杭周辺地盤の相対密度が増加する可能性が示唆された。

参考文献

(1)吉野真史, 伊藤藤, 酒向章彦: 貝殻を利用した増養殖場造成実証調査 (財) 漁港漁場漁村技術研究所: http://jifc.or.jp/dispatch/ronbun_result/pdf_002/002_11.pdf (2022年11月9日閲覧).

(2)森崎亮太, 小林薫, 本田顕治郎, 宮崎航: 水産系副産物である貝殻のせん断強度特性と地盤改良材への適用に関する基礎的研究, 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol.75, No.2, pp.I_175-I_180, 2019.

(3)脇本理玖, 小林薫: 破碎貝殻を用いた液状化対策杭への繰返し振動による砂混入に伴う排水性能低下に関する基礎的研究, 令和3年度茨城大学卒業論文, pp.8-55, 2022.