

## レゾフォンピア工法の周面摩擦特性に関する研究

### 研究の概要

本研究では、レゾフォンピア工法で施工される袋詰め場所打ちコンクリート杭の周面摩擦力が、通常のコンクリート杭の周面摩擦力と比べてどれほど差異があるのかを調べるため、コンクリート板と地盤材料の室内摩擦試験を実施した。コンクリート板は、表面にネットが有る条件と無い条件でそれぞれ作製した。その結果、地盤材料の種類によらず、ネットが有る場合のコンクリートと地盤材料間の摩擦はネットが無い場合の概ね 0.9~1.1 倍の摩擦を示し、ネットの有無によらず概ね同等の摩擦力が得られることが分かった。

### 研究期間

令和4年9月8日 ~ 令和5年3月31日

### 研究組織

京都大学と大亜ソイル株式会社との共同研究契約に基づき、以下の組織によって行われた。

京都大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻

教授 木村 亮

京都大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻

助教 木戸 隆之祐

京都大学工学部 地球工学科

学部生 大名門 力

大亜ソイル株式会社

松本 真吾

### 1. 研究の背景

レゾフォンピア工法は、ネットが鉄筋かごに取付けられた袋詰め場所打ちコンクリート杭である。この工法では、コンクリート表面と地盤材料間に作用する摩擦特性に対し、ネットが影響を与える懸念がある。しかし、ネットがある場合にどれほどの周面摩擦が発揮されるかは調べられていない。そのため、レゾフォンピア工法の設計では周面摩擦力を考慮しておらず、杭径や杭長を必要以上に大きく設定している可能性がある。どれほどの周面摩擦を見込めるかを示す根拠が得られれば、それに基づき周面摩擦の寄与度を考慮したより合理的な設計が可能となる。

そこで本研究では、ネットの有無がコンクリートと地盤材料間の摩擦力に与える影響を調べることを目的に、コンクリート板と地盤材料の室内摩擦試験を実施した。コンクリート板は表面にネットが無い条件、有る条件のものをそれぞれ打設した。地盤材料は、実際の場所打ちコンクリート杭が施工され得る地盤を想定し、砂礫土や粘性土を取扱った。試験結果は、ネットが無い場合に得られるコンクリートと地盤材料間の摩擦経緯に対して、ネットが有る場合の摩擦係数がどれほどの比となるかに着目して整理した。

### 2. 室内摩擦試験の概要

写真1に示す試験装置を作製し、実験を行った。トロ舟に敷詰めた各種地盤材料の上にコンクリート板を置き、コンクリート板を一定速度で引張り、コンクリート板と地盤

材料間の摩擦力をロードセルで測定し、変位量を接触型変位計で測定した。コンクリート板は幅、奥行き、高さがそれぞれ 320 mm, 320 mm, 100 mm となるよう型枠に打設し、コンクリートのみの模型（板 C）、表面にネットが1枚の模型（板 CN1）、ネットが3枚の模型（板 CN3）の3種類を作製した。写真2に各模型の状態を示す。板 CN1 はコンクリートがネットに殆ど浸潤する状況、板 CN3 は一部浸潤せずネットが露出する状況を想定している。実際の場所打ちコンクリート杭の現場で想定される地盤材料として砕石、琉球石灰岩、真砂土、笠岡粘土を使用した。試料をトロ舟に充填した状態の例を写真3に示す。

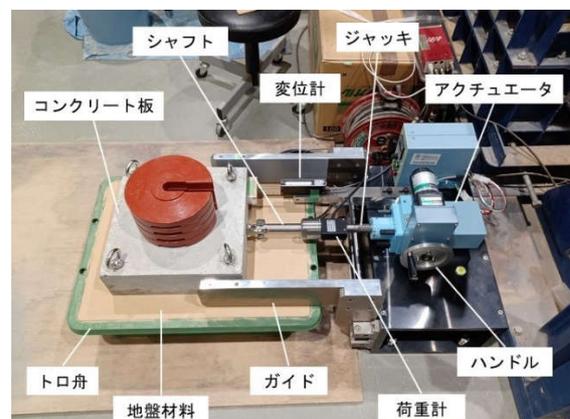


写真1 コンクリート板摩擦試験の外観

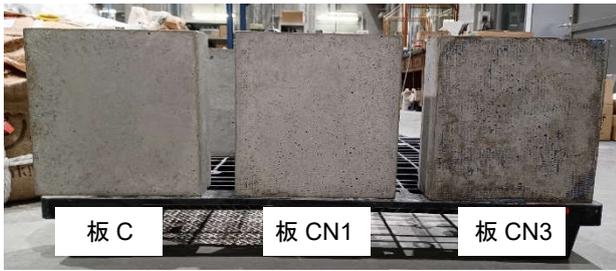


写真2 3種類のコンクリート板の表面

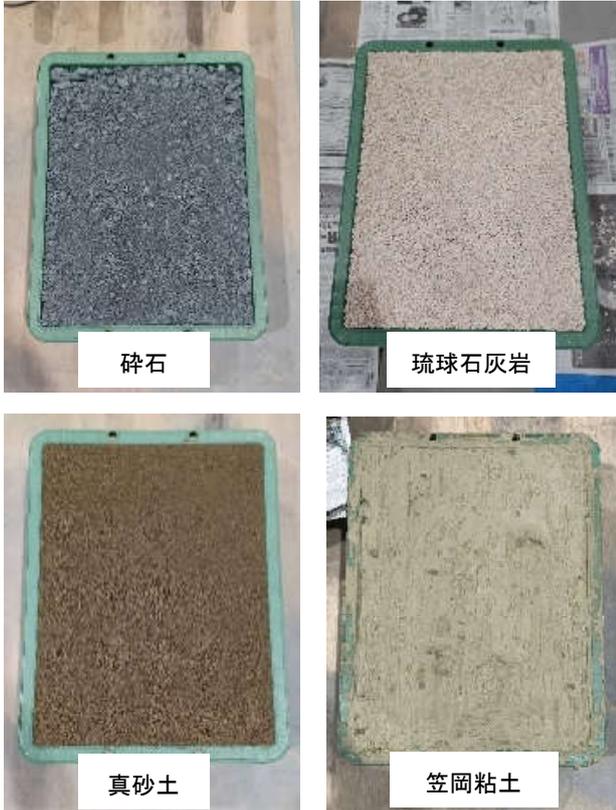


写真3 トロ舟に充填した地盤材料

試験は、上記3種類のコンクリートと6種類の地盤材料に対して、1個50Nのおもりを0個、2個、4個コンクリート板の上に置いたケースを実施した。コンクリート板の自重(板Cが231N、板CN1が236N、板CN3が240N)~240N)を含めると、それぞれ2.3kPa、3.3kPa、4.3kPaの垂直応力が地盤材料に作用する条件である。この垂直応力は杭に作用する水平土圧に対応し、地表面から深さ1m未満に相当する。一般に重力場での室内模型実験では再現できる応力レベルに限界があるが、ネットの有無がコンクリート杭と地盤材料との摩擦特性に与える影響を調べる目的は達成する応力レベルで実施したと考える。

### 3. 摩擦試験の概要

コンクリート板の引張応力を、コンクリート板とおもりの自重による垂直応力で正規化した応力比を整理する。おもり0個、おもり4個における応力比-水平変位関係を図1、図2にそれぞれ示す。引張を開始した直後から応力比が大きく上昇しており、この間、ネットの有無によらず概

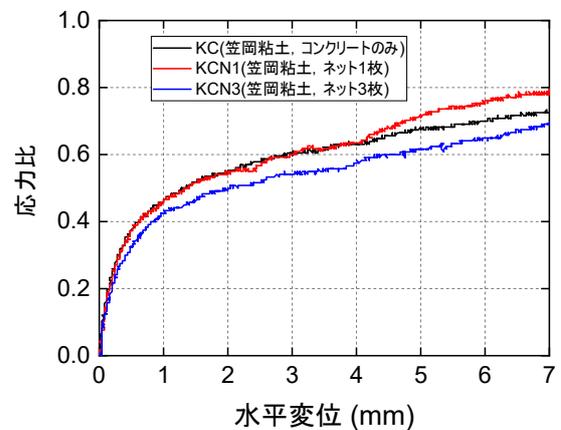
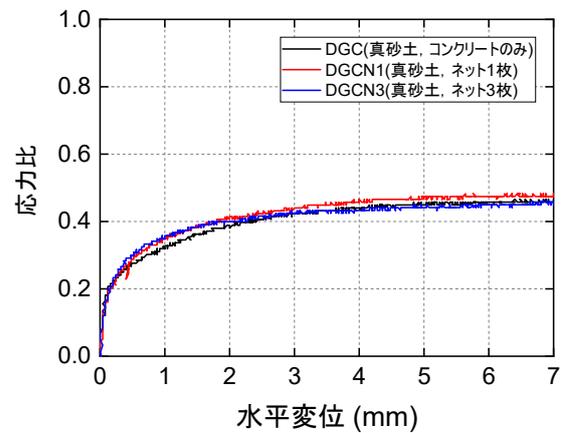
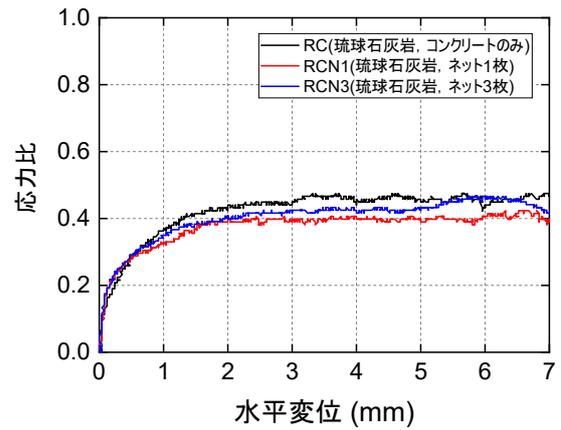
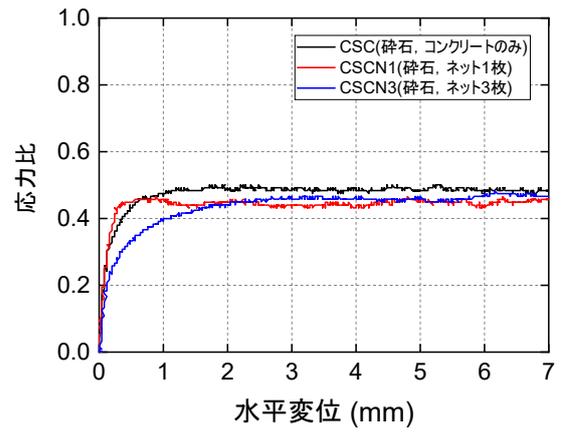


図1 応力比-水平変位関係: 垂直応力2.3 kPa (上から砕石, 琉球石灰岩, 真砂土, 笠岡粘土)

ね同等の応力比を示している。これは、コンクリートと地盤材料間に作用する摩擦力にネットが与える影響は小さいことを裏付けている。その後、応力比の上昇はゆるやかになり、特に真砂土や垂直応力 4.3 kPa 条件下での笠岡粘土はネットの有無によらず一定の値に収束する傾向が見られる。碎石と琉球石灰岩は、大きな粒子が多く含まれており、摩擦中に粒子構造が大きく変化するため、ネットの有無の影響が真砂土や笠岡粘土と比べると大きくなると考えられる。

また、式 (1) からコンクリート板と地盤材料間の摩擦係数を算出し、摩擦係数-垂直応力関係を求めたものを図 3 に示す。

$$\mu = T_{\max}/N \quad (1)$$

ここで、 $\mu$  : 摩擦係数,  $T_{\max}$  : 最大引張重 (N),  
N : 垂直荷重 (N)

すなわち、計測中の最大応力比が摩擦係数と一致する。垂直応力は垂直荷重をコンクリート板の底面積で除したものである。碎石と琉球石灰岩では、垂直応力 4.3 kPa の場合には多少の相違があるものの、各垂直応力においてネットの有無によらず同等の摩擦係数を示していることがわかる。

ここで、ネット無しの摩擦係数に対するネット有りの摩擦係数の比を、ネット 1 枚、3 枚のケース別で整理した結果を図 4、図 5 にそれぞれ示す。摩擦係数比の幅は、碎石は 0.787 ~ 1.025, 琉球石灰岩は 0.950 ~ 1.246, 真砂土は 0.892 ~ 1.039, 笠岡粘土は 0.899 ~ 1.091 である。碎石の垂直応力が大きな 1 ケース分のみ、0.787 とやや小さい摩擦係数比を示したものの、いずれの地盤材料も摩擦係数比は概ね 1.0 付近を示しており、ネットの有無や枚数による応力比の明確な差異は見られない。したがって、ネットがコンクリート表面にある場合でも、ネットが無いコンクリートと概ね同等の摩擦特性が得られ、その傾向は場所打ち杭が施工される砂礫層や粘性土層等、異なる地盤条件でも共通すると判断できる。

#### 4. まとめ

本研究は、レゾフォンピア工法で施工される袋詰め場所打ちコンクリート杭の周面摩擦力が、通常のコンクリート杭の周面摩擦力と比べてどれほど差異があるのかを把握することを目的とした。この点を検証するために、コンクリート杭のモデルとしてコンクリート板を作製し、重力場でのコンクリートと地盤材料の摩擦試験を実施した。コンクリート板はネットの有無と枚数 (1 枚、3 枚) により 3 種類作製した。それぞれの結果を比較検討することで、コンクリートと地盤材料間の摩擦特性にネットが及ぼす影響を調査した。

その結果、ネットが有る場合のコンクリートと地盤材料間の摩擦は、ネットが無い場合の概ね 0.9~1.1 倍の摩擦を

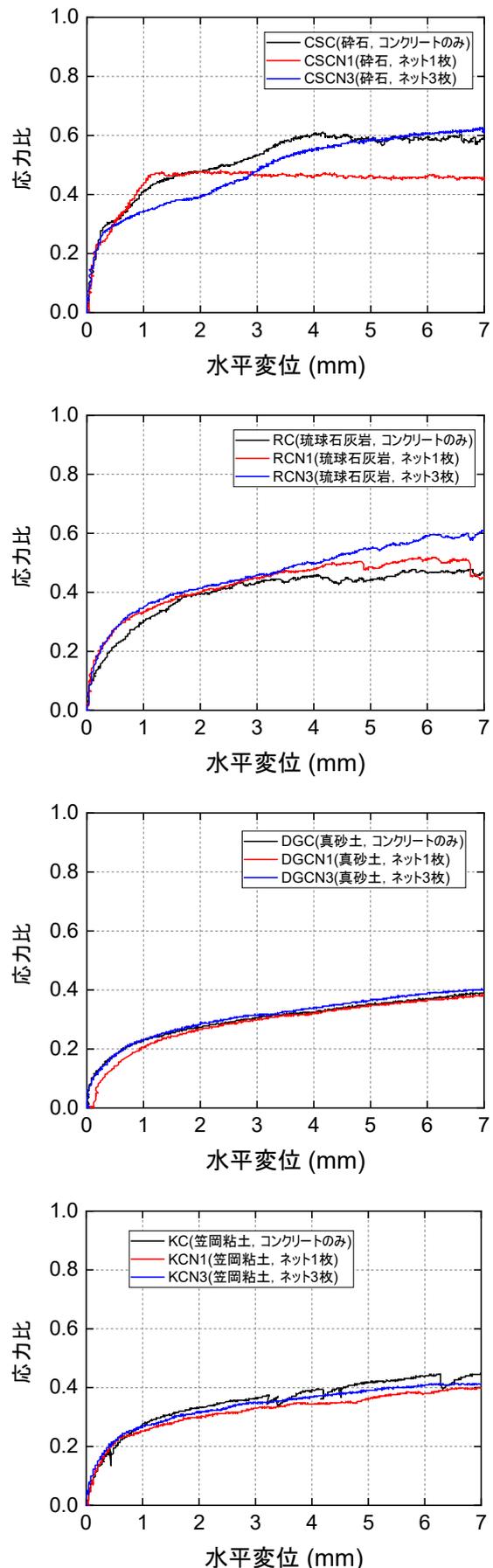


図 2 応力比-水平変位関係：垂直応力 4.3 kPa (上から碎石, 琉球石灰岩, 真砂土, 笠岡粘土)

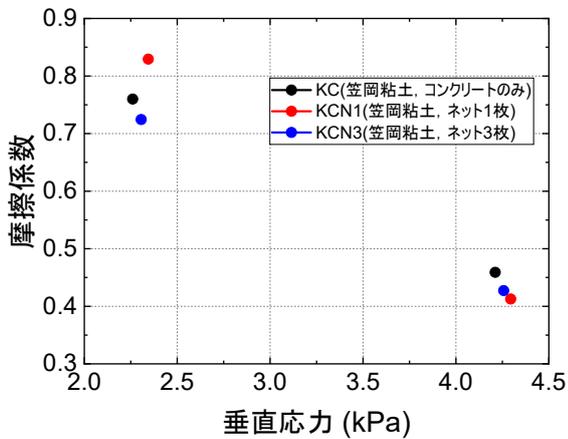
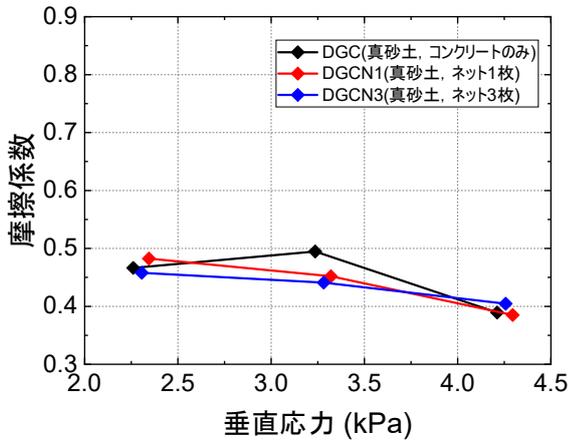
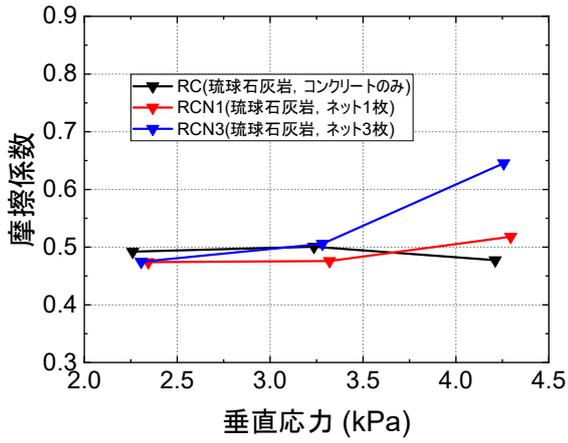
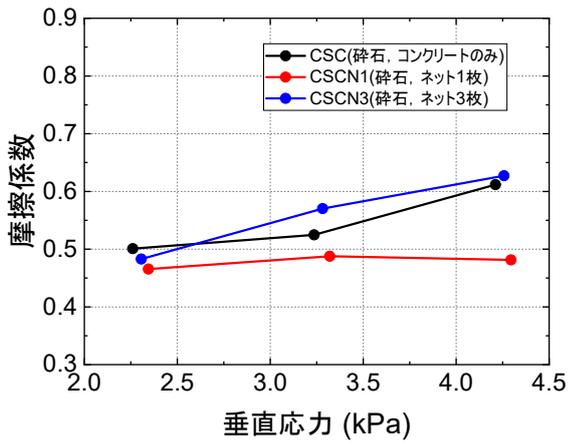


図3 摩擦係数—垂直応力関係 (上から砕石, 琉球石灰岩, 真砂土, 笠岡粘土)

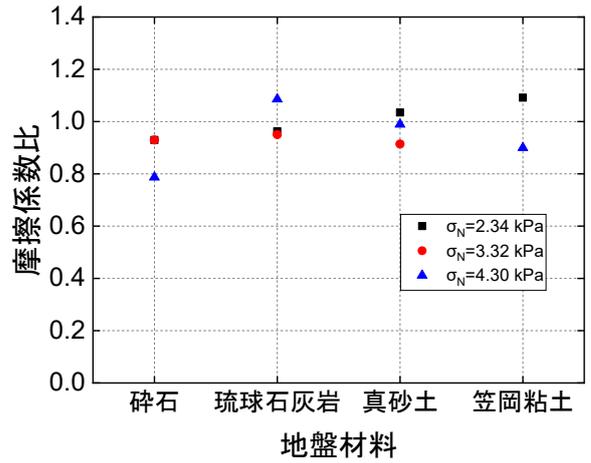


図4 ネット無しに対するネット1枚のコンクリートと地盤材料間の摩擦係数比

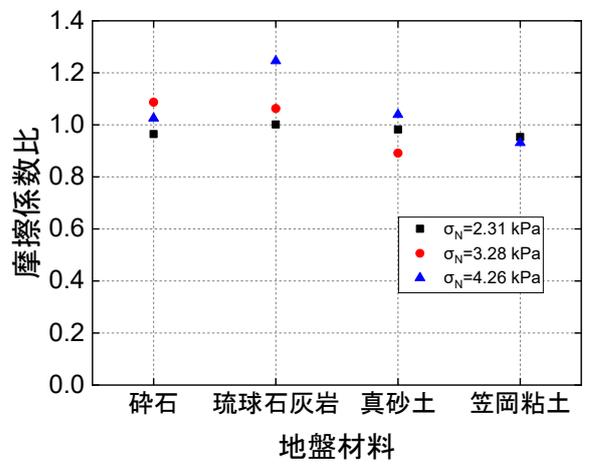


図5 ネット無しに対するネット3枚のコンクリートと地盤材料間の摩擦係数比

示すため、ネットの有無に依らず概ね同等の摩擦が得られることが分かった。砂礫土や粘性土等のいずれの地盤材料において、ネットがコンクリートと地盤材料間の摩擦特性に与える影響は小さいといえる。そのため、レゾフォンピア工法的设计では、通常のコンクリート杭に想定される周面摩擦力と同等、あるいは安全側として0.9倍程度の周面摩擦力を考慮する方法が可能と考えられる。