

(株) ジオトップ	正会員	藪内 貞男
同 上	正会員	平山 英喜
同 上	正会員	○ 山下 啓明
同 上	正会員	上紺屋好行

1. まえがき

複数の拡大部(節部)を有する節杭の基本的な鉛直支持機構を、モデル杭の砂中での実験によって検討してきた<sup>1)2)3)</sup>。その結果、節杭の周面抵抗は、①節部の支圧抵抗、②節部下方の高圧下での軸部摩擦抵抗、が主であることが確かめられた。①は、沈下とともに先端地盤を徐々に圧縮しながら増加する杭先端抵抗<sup>4)</sup>と類似のメカニズムであり、②における高圧力も①に起因するものであるため、沈下とともにねばり強く増加する。したがって、節杭の周面抵抗は、単純せん断による摩擦抵抗を基本的なメカニズムとする通常の杭の周面抵抗よりも大きく、かつねばり強さをもつ特長がある。

このような周面抵抗の特長を生かし、かつ液状化対策にも効果を有する<sup>5)</sup>ように、低振動・低騒音で節杭を施工する方法として、ケーシング掘りを行って、杭の周辺に礫を連続的に充填するものが考えられる。このような施工法によると、杭の周辺に礫を連続的に充填した節杭(以下、礫充填節杭と呼ぶ)の周面抵抗は、礫充填法、礫部の径に影響されると考えられる。そこで、これらの影響について調べるため、モデル実験を行った。本稿では、礫充填法の影響に関する実験結果と考察について報告する。礫部の径の影響に関しては、(その2)で報告する。

2. 実験方法

2.1 モデル杭

本実験で用いたモデル節杭は、ステンレススチール製で、図-1に示すような長さ100cm、節部径10cm、軸部径6.82cmのものである。

モデル節杭の周面は、杭頭と最上部の節部間の軸部および各節部の上面以外を凹凸状にした。周面の凹凸は、すべり面を境界面ではなく礫中で発生させて、見かけの摩擦係数 $\mu_a$ (ダイレイタンスによる応力変化も含めた摩擦係数)を大きくし、摩擦抵抗を増大させる効果がある<sup>3)</sup>。凹凸部の凹凸高さ・凸部のピッチは、それぞれ1.5mm・6mmである。なお、節杭周面の粗滑の影響については、別の機会に報告する<sup>6)</sup>。

礫充填節杭の周面抵抗力 $Q_r$ は、杭頭荷重と、図-1に示したひずみゲージから算出した軸力の差として整理した<sup>7)</sup>。

2.2 実験土槽および実験手順

実験土槽<sup>7)</sup>は、内径158cm、高さ178cmで、ある深さの地盤中の応力状態をシミュレートできるように、鉛直圧 $\sigma_v$ 、側圧 $\sigma_h$ を与えることができる機構になって

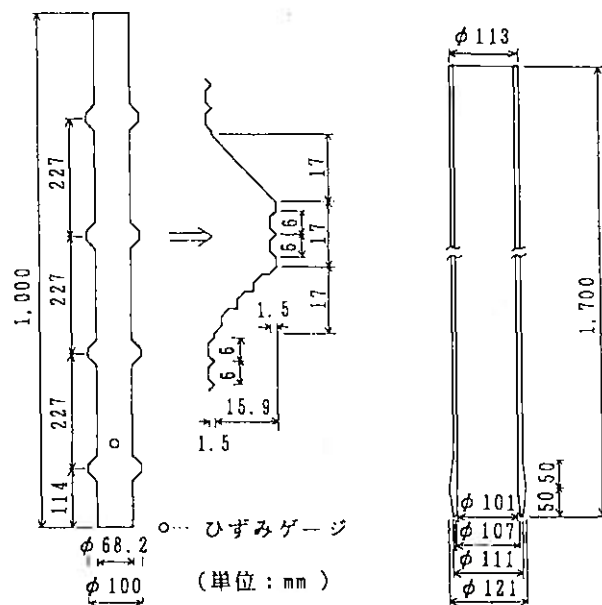


図-1 モデル節杭

図-2 締固め用管

いる。用いた砂は、気乾状態の珪砂6号(愛知県瀬戸産、 $D_{60}=0.36\text{mm}$ ・ $D_{30}=0.33\text{mm}$ ・ $U_c=1.85$ ・ $\rho_{max}=1.597\text{g/cm}^3$ ・ $\rho_{min}=1.264\text{g/cm}^3$ )である。砂地盤は、多重フルイ法(サンドレイナー)で作成した。

本実験では、まず、図-1に示したモデル節杭に対して、基準となる砂中での周面抵抗力 $Q_r$ を調べた。この実験においては、予め砂地盤を土槽底面より70cmの高さまで作成した時点で、節杭の頭部を固定して設置した。その後、砂地盤の作成を予定高さまで続行した<sup>7)</sup>。したがって、杭は完全ではないが non-displacement pile型と見なせる。

礫充填節杭設置時に用いたケーシングは、外径165.2mm、厚さ5.0mm、長さ150cmの鋼管を用いた。ケーシングは、予め砂地盤を土槽底面より70cmの高さまで作成した時点で、頭部を固定して設置し、その後砂地盤の作成を予定高さまで続行した。したがって、ケーシング自体は、ほぼnon-displacementの状態で設置されている。礫充填節杭の設置は、砂地盤作成後に、ケーシングの中央に節杭を挿入した後、節杭とケーシングの間に礫を充填する方法で行った。詳しい手順等は、次節で述べる。

砂中での節杭あるいは礫充填節杭を設置した後、 $\sigma_v=1.0\text{kgf/cm}^2$ 、 $\sigma_h=0.5\text{kgf/cm}^2$ の圧力で約2時間圧縮し、その後載荷試験を実施した。載荷試験前(圧

"Model Tests on Vertical Bearing Characteristics of a Multi-node Pile Filled with Compacted Gravel (Part 1: Effects of Filling Methods)"

Sadao YABUCHI, Hideki HIRAYAMA, Hiroaki YAMASHITA & Yoshiyuki KAMIKONYA (GEOTOP Corporation)

縮後)の砂地盤の相対密度は、 $D_r = 80\%$ であった。載荷試験は、沈下制御方式で貫入速度  $1\text{mm}/\text{min}$ で行い、杭頭沈下量  $10\text{cm}$ まで実施した。

載荷試験終了後、地盤掘り出し時に業務用集塵機を利用した吸引装置を使い、杭周辺に充填した礫部の観察と径の測定を  $1\sim 2\text{cm}$ ピッチで行った。

### 2.3 礫充填節杭の設置方法

#### (1) 礫および締固め用管

礫は、気乾状態の砕石7号(山梨県富士川産、 $D_{60} = 4.0\text{mm}$ ・ $D_{50} = 3.8\text{mm}$ ・ $U_c = 1.48$ ・ $\rho_{\text{max}} = 1.513\text{g}/\text{cm}^3$ ・ $\rho_{\text{min}} = 1.247\text{g}/\text{cm}^3$ )を用いた。

締固め用管は、図-2に示すように、外径  $113\text{mm}$ 、内径  $101\text{mm}$ 、長さ  $170\text{cm}$ で、先端部を内側・外側ともにテーパ状にしたものを用いた。先端部のテーパは、礫部に押し込んだ時、礫を内外の横方向に変位させて締固めるとともに、水平応力を増加させる特長がある<sup>6)</sup>。

#### (2) 基本的手順

本実験では、礫充填法として、1)多重フルイを用いて礫を落下させる方法、2)締固め用管を用いて礫を締固める方法、の2種類を検討した。なお、ケーシングの1回当りの引上げ量は、節部間隔を4分割した  $5.5\text{cm}$ とした。

図-3は、多重フルイを用いて礫を落下させる方法を示したものである。以下に、手順を示す。

- ① ケーシングの頭部に多重フルイを設置して、ケーシングと節杭の間に礫を落下させる。その際、ケーシング引上げ時の節杭の共上がりの防止と周辺砂の流入防止のため、礫部の上面レベルが常にケーシングの先端から約  $10\text{cm}$ 上に来るようにする。
- ② ケーシングを  $5.5\text{cm}$ 引上げる。

以上の2つの手順を繰り返して、礫部を予め作成した砂地盤表面と同じ高さまで作成した。

図-4は、締固め用管を用いて礫を充填する方法の基本的手順を示したものである。締固め用管と節杭をケーシングの先端レベルまで挿入した後、以下の手順を繰り返して、礫部を予め作成した砂地盤表面と同じ高さまで作成した。

- ① ケーシングと締固め用管の間に礫を投入する。
- ② 締固め用管を上げる。
- ③ ケーシングを上げる。
- ④ 締固め用管を下げる。
- ⑤ 締固め用管を上げる。

ここで、締固め用管を上下する装置は、載荷試験のための油圧ジャッキを利用した。ケーシングの引き上げ・締固め用管の上下は、前述の理由により、1回当たり  $5.5\text{cm}$ とした。また、各手順を行う前にケーシングと締固め用管の間の礫部の上面レベルがケーシング先端より約  $10\text{cm}$ になるように礫を投入した。

本実験では、このような締固めの基本的手順において、(a)礫部の締固め、(b)バイブレーターによる振動の効果、および(c)周辺砂地盤のゆるみ、の影響について調べるため、以下のような種類の設置方法を採用した。

#### (3) 締固めと振動の効果を知るための設置方法

上記(a),(b)について調べるため、図-4に示す基本的手順において、次の3種類の方法で礫充填節杭を設置した。

- I 締固め用管の上下を油圧ジャッキで静的に行う方法(以下、静的方法( $S_T$ )と呼ぶ)。
- II 締固め用管を最初に上げる時(図-4手順②)のみバイブレーターで振動を与える方法(以下、部分バイブロ方法( $V_p$ )と呼ぶ)。
- III 締固め用管の上下時全てにおいて(図-4手順②④⑤)バイブレーターで振動を与える方法(以下、全バイブロ方法( $V_a$ )と呼ぶ)。

振動の効果を知るために用いたバイブレーターは、空気圧タイプのもので、振動数約  $8000\text{c}/\text{min}$ 、振動力約  $50\text{kg}$ の条件で用い、締固め用管の頭部に取り付けた。

#### (4) 周辺砂地盤のゆるみの影響を知るための設置方法

前記(c)の周辺砂地盤のゆるみの影響について調べるため、上記I、IIIの方法において、図-4の手順②

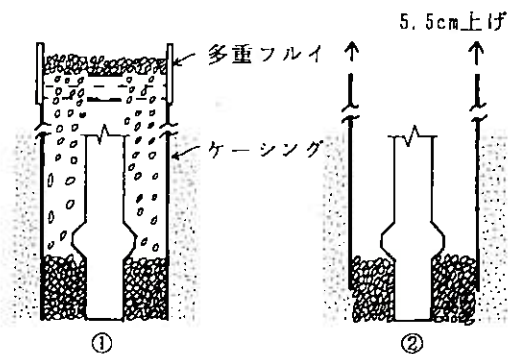


図-3 多重フルイを用いて礫を落下させる方法

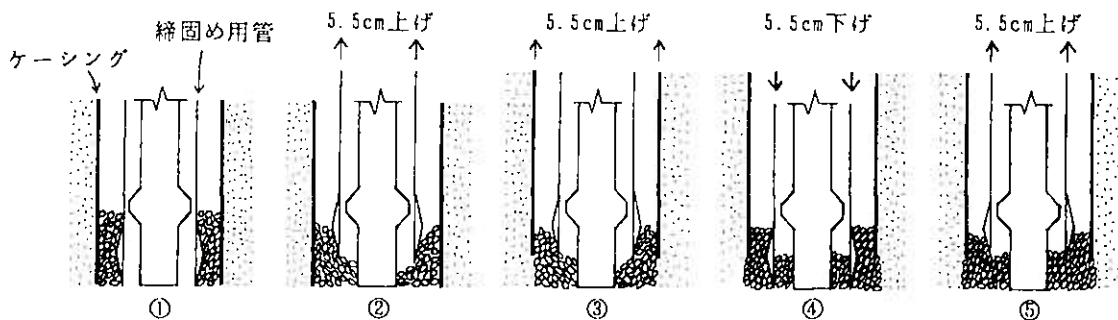


図-4 締固め用管を用いて礫を充填する方法の基本的手順

表-1 実験一覧表

実験名	図-5~7 で使用する 記号	図-4での②③の順序		礫充填方法			
		②③の順 P <sub>23</sub>	③②の順 P <sub>32</sub>	多重フルイ法 M <sub>s</sub>	静的方法 S <sub>T</sub>	部分パイプロ V <sub>P</sub>	全パイプロ V <sub>A</sub>
Sand	—●—	締固め用管用いず		礫用いず			
N・M <sub>s</sub>	---x---	締固め用管用いず N		○			
P <sub>23</sub> ・S <sub>T</sub>	---□---	○			○		
P <sub>23</sub> ・V <sub>P</sub>	---△---	○				○	
P <sub>23</sub> ・V <sub>A</sub>	—○—	○					○
P <sub>32</sub> ・S <sub>T</sub>	---■---		○		○		
P <sub>32</sub> ・V <sub>A</sub>	—●—		○				○

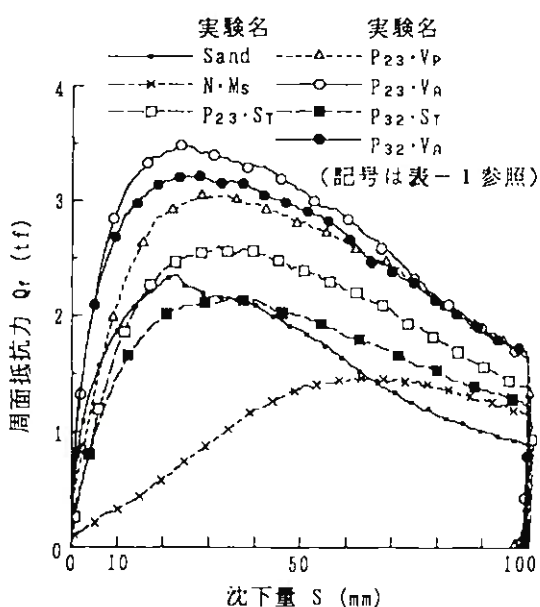


図-5 周面抵抗力(Q<sub>r</sub>)-沈下量(S)関係の全結果

と③の順序を入れ替えて礫充填節杭を設置した。本稿では、図-4の手順②③の順序、すなわち締固め用管を先に引き上げる方法をP<sub>23</sub>、図-4の手順②と③の順序を入れ替えた方法、すなわちケーシングを先に引き上げる方法をP<sub>32</sub>と呼ぶ。

(5) 実験の種類と実験名

以上、本実験では表-1に示すように、砂中の他、6種類の礫充填法による節杭の支持特性を検討した。表中の実験名は、締固め用管を用いて礫を充填した方法においては、(4)で述べたケーシングと締固め用管の引き上げ順序と、(3)で述べたI、II、IIIの礫部の締固め方法の組合せで示している。これらの方法においては、礫充填節杭の設置中に、締固め用管押し込み時の荷重-変位関係を調べた。その結果、20個のデータが得られた。また、土槽底面から100cm、150cmの各高さでケーシング外周面から5cm離れた砂中の2点で水平土圧を計4点計測した。

多重フルイ法は、締固め用管を用いない方法ということでN・M<sub>s</sub>という実験名で示す。砂中の節杭については、Sandという実験名で示す。

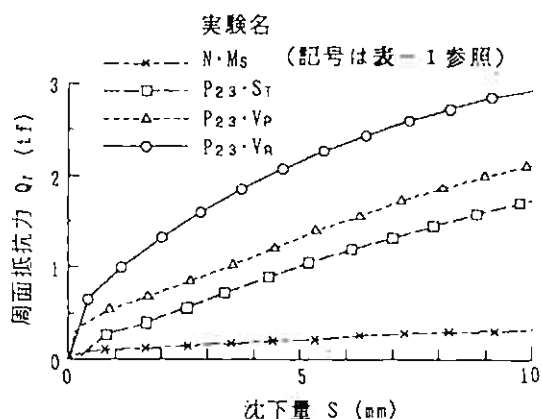


図-6 周面抵抗力(Q<sub>r</sub>)-沈下量(S)関係に及ぼす締固め・振動の影響(S/D ≤ 0.1)

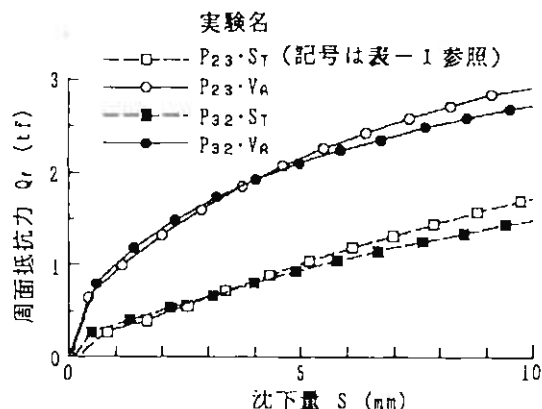


図-7 周面抵抗力(Q<sub>r</sub>)-沈下量(S)関係に及ぼす周辺地盤のゆるみの影響(S/D ≤ 0.1)

3. 実験結果

図-5に、周面抵抗力(Q<sub>r</sub>)-沈下量(S)関係の全結果を示した。

図-6は、礫部の締固めと振動の効果を検討するため、図-5に示した結果のうち、N・M<sub>s</sub>(多重フルイ法)とP<sub>23</sub>条件の周面抵抗力Q<sub>r</sub>を、沈下量 S = 10mm、すなわち基準沈下量 S/D = 0.1 (D:節部径)、までまとめたものである。

図-7は、周辺砂地盤のゆるみの影響を検討するため、図-5に示した結果のうち、P<sub>23</sub>とP<sub>32</sub>の各条件

における  $S_T$  と  $V_A$  の周面抵抗力  $Q_r$  を、沈下量  $S=10\text{mm}$  までまとめたものである。

表-2 は、各隙充填法における隙充填量と、地盤掘り出し時に測定した隙部の径を示したものである。隙部の径は、深さ方向に1~2cmピッチで測定した全ての値の平均値を示している。

同表には、隙充填量・隙部の径の大小の順序も示している。

表-3 は、締固め用管を用いて隙を充填した実験において、締固め用管を押し込む時に測定した荷重と、隙充填節杭の設置終了直後の周辺砂地盤の残留土圧を示している。締固め用管の押し込み時の荷重は、押し込み荷重-変位関係の最終状態（すなわち変位 5.5cm）での押し込み荷重の20個のデータのうち、最上部の節部より上の4個のデータを除いたものの平均値を示している。隙充填節杭の設置終了直後の周辺砂地盤の残留土圧は、4点の水平土圧の平均値を示している。同表には、押し込み力と残留土圧の大小の順序も示している。

#### 4. 考察

図-5~7 に示されたように、砂中の節杭および隙充填節杭の周面抵抗力  $Q_r$  は、基準沈下量  $S/D=0.1$  においても増加過程にあり、基準沈下量の倍以上の沈下量  $S/D=0.2\sim 0.3$  でピーク値を示している。すなわち、隙充填節杭は、1章で述べたように通常の杭には見られないねばり強さがあり、節杭の基本的な周面抵抗の特長が生かされていることが分かる。

隙部の締固めと振動の効果を見るためにまとめた図-6 から分かるように、締固め用管を用いた実験の周面抵抗力  $Q_r$  は、 $N\cdot Ms$  (多重フルイ法) よりずっと大きくなっている。したがって、隙部とともに周辺の砂地盤を締固めることが隙充填節杭の設置において極めて重要である。 $P_{23}$  条件で締固めを行った場合の周面抵抗力  $Q_r$  の大きさは、 $V_A$  (全パイプロ方法)、 $V_P$  (部分パイプロ方法)、 $S_T$  (静的方法) の順になっている。これは、表-2 と表-3 に示した  $P_{23}$  条件の隙部の径と押し込み力・残留土圧の結果から分かるように、締固め用管を上下させる時、バイブレーターによる振動を併用するほど、隙部と共に周辺の砂地盤もより締固められるためである。

周辺砂地盤のゆるみの影響を見るためにまとめた図-7 から分かるように、 $S/D=0.1$  における周面抵抗力  $Q_r$  は、 $P_{23}$  条件の方が、 $P_{32}$  条件よりも  $S_T$ ,  $V_A$  ともに約1割大きくなっている。両条件の差は、表-2 に示した隙部の径と表-3 に示した押し込み力・砂中の残留土圧の結果にも見られる。これらの両条件の差は、 $P_{32}$  条件におけるケーシング先上げによる周辺砂地盤のゆるみの影響によるものであるが、図-5 に見られるように、ピーク強度付近の方が両条件の差は大きい。これは、節部周辺の圧縮部の範囲が、沈下とともに拡大し、砂部の影響が徐々に増加するためである。

表-2 隙部の測定結果

実験名	$N\cdot Ms$	$P_{23}\cdot S_T$	$P_{23}\cdot V_P$	$P_{23}\cdot V_A$	$P_{32}\cdot S_T$	$P_{32}\cdot V_A$
(a) 隙充填量 (g)	22,818	28,658	29,140	29,590	25,900	26,733
(b) 隙部の径 (mm)	163	178	179	182	172	176
(a), (b) の大小の順序	⑥	③	②	①	⑤	④
隙部の径						
ケーシング外径 (165.2mm)	0.99	1.08	1.08	1.10	1.04	1.07

表-3 締固め用管の押し込み荷重・砂中の残留水平土圧

実験名	$P_{23}\cdot S_T$	$P_{23}\cdot V_P$	$P_{23}\cdot V_A$	$P_{32}\cdot S_T$	$P_{32}\cdot V_A$
(a) 押し込み時の荷重 (tf)	0.25	0.37	0.38	0.18	0.16
(b) 砂中の水平土圧 (kgf/cm <sup>2</sup> )	0.025	0.027	0.034	0.018	—
(a), (b) の大小の順序	③	②	①	④	—

#### 5. あとがき

本実験の結果は、次のようにまとめられる。

- 1) 砂中での節杭の周面抵抗の特長を隙充填節杭に応用するには、隙部を締固める必要がある。これによって、隙充填節杭の周面抵抗には、通常の杭には見られないねばり強さが発揮される。
- 2) 静的締固め方法に加えて振動を併用し、隙部さらには周辺の砂地盤を締固めるほど、隙充填節杭の周面抵抗を増加させることができる。
- 3) ケーシングよりも締固め用管を先に引き上げる方が、周辺の砂地盤のゆるみが少なくなるため、隙充填節杭の周面抵抗は、大きくなる。

以上のことから、ケーシングを用いた低振動・低騒音での隙充填節杭の施工法として、次の方法が適切であると考えられる：①ケーシングよりも締固め用管を先に上げる、②先端テーパ状の締固め用管にバイブレーターを併用して、隙部と周辺地盤を締固める。

#### 参考文献

- 1) 藪内・平山・山下・上紺屋 (1993) : "砂中の節杭周辺の地盤変形モード", 第28回土質工学研究発表会, pp.1773-1774.
- 2) 藪内・平山・山下・上紺屋 (1993) : "杭先端抵抗と比較した節杭の節部抵抗", 第28回土質工学研究発表会, pp.1775-1778.
- 3) 藪内・平山・山下・上紺屋 (1993) : "節杭の節部下方の軸部摩擦抵抗に関するモデル実験", 土木学会第48回年講Ⅲ, pp.782-783.
- 4) 平山 (1988) : "杭の鉛直支持力に関する理論と実際への適用", 土と基礎, Vol.36, No.7, pp.5-10.
- 5) 山下・上紺屋・細川・吉見 (1987) : "碎石を節杭に用いた液状化対策に関する実験的研究, その(1)", 第22回土質工学研究発表会, pp.783-784.
- 6) 藪内・平山・山下・上紺屋 (1994) : "周辺に隙充填した節杭の鉛直支持特性に関するモデル実験(その3:節杭周面定)", 土木学会第49回年講Ⅲ(投稿予定).
- 7) 藪内・山下・上紺屋・平山 (1991) : "砂中の節杭・コルゲート杭のモデル実験", 第26回土質工学研究発表会, pp.1351-1354.
- 8) 平山・藪内・山下・染川 (1992) : "テーパ杭の周面摩擦抵抗の円筒空洞拡大理論による解析", 第27回土質工学研究発表会, pp.1581-1584.

周辺に礫を充填した節杭の鉛直支持特性に関するモデル実験 (その2: 礫部の径の影響)

(株) ジオトップ 正会員 藪内 貞男  
同 上 正会員 平山 英喜  
同 上 正会員 山下 啓明  
同 上 正会員 ○上紺屋好行

1. まえがき

本報告では、(その1)<sup>1)</sup>に続いて礫部の径が礫充填節杭の鉛直支持特性に及ぼす影響を調べるために、モデル実験を行った結果と考察について述べる。

2. 実験方法

本実験は、礫充填節杭の設置方法において礫部の径を変えること以外は、(その1)と同じ実験方法で行っている。よって、モデル杭・実験土槽・実験に用いた砂および礫・地盤作成方法・実験手順に関する詳細については、(その1)を参照されたい。

礫充填節杭は、地盤作成時に砂地盤中に設置したケーシングの中央に節杭を挿入した後、節杭とケーシングの間に礫を充填する方法で設置した<sup>1)</sup>。

ケーシングは、充填した礫部の径の違いが礫充填節杭の周面抵抗に及ぼす影響を調べるために、(その1)で用いたケーシング(C<sub>M</sub>)を基準とし、それより小さい径(C<sub>S</sub>)と大きい径(C<sub>L</sub>)の2種類の径の鋼管を追加した。表-1に各々のケーシング寸法を示す。

礫の充填方法は、締固め用管を用いて礫を締固める方法によった。締固め方法は、締固め用管の上下時の全てにおいてバイブレーターによる振動を与え(全パイロ方法(V<sub>A</sub>))、礫投入後のケーシングと締固め用管の引き上げ順は締固め用管を先に引き上げる方式(P<sub>23</sub>)の条件で行った。したがって、本稿での実験C<sub>M</sub>は、(その1)の実験P<sub>23</sub>・V<sub>A</sub>と同一のものである。

3. 実験結果

表-2に、礫充填節杭設置時の礫の充填量、地盤掘出し時に測定した礫部径と、その礫部径のケーシング外径に対する比を示す。また、礫充填節杭設置時の締固め用管を押込む時に測定した荷重(押し込み力)の平均値、礫充填節杭設置終了直後の砂地盤中の残留水平土圧の平均値も同表に示す。水平土圧の計測位置は、各実験においてケーシング外周面から5cm離れた砂中の4点で計測している<sup>1)</sup>。押し込み力および水平土圧の算出方法は、(その1)と同様である。

表-2より、礫部径が小さいものほど、①礫部径のケーシング外径に対する比が大きい、②締固め用管の押し込み力が多い、③砂地盤中の残留土圧が多い、ことなどが分かる。これらの結果は、周辺地盤の締固めには、ケーシング径は小さい方が有利であることを示している。

礫充填節杭の周面抵抗力  $Q_r$  は、(その1)と同様の方法で整理した。図-1に、周面抵抗力( $Q_r$ ) - 沈下量(S)の関係を示す。

図-1より、礫部径が周面抵抗に及ぼす影響につい

表-1 ケーシングの寸法

実験名	C <sub>S</sub>	C <sub>M</sub>	C <sub>L</sub>
外径 (mm)	139.8	165.2	216.3
内径 (mm)	132.8	155.2	207.3

表-2 礫部とその設置時の計測結果

実験名	C <sub>S</sub>	C <sub>M</sub>	C <sub>L</sub>
礫充填量 (g)	18,994	29,590	53,998
礫部の径 (mm)	158	182	231
ケーシング外径	1.13	1.10	1.07
押し込み時の荷重 (tf)	0.40	0.38	0.31
砂中の水平土圧 (kgf/cm <sup>2</sup> )	(0.038)*	0.034	0.012

\*) 土槽底面から150cmの2点のデータは、礫充填時に土圧計が傾いたため除外

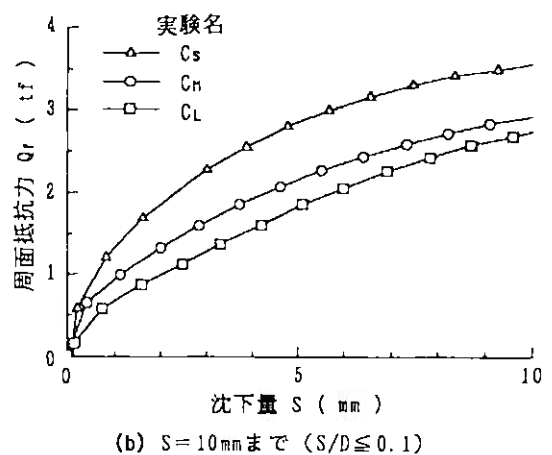
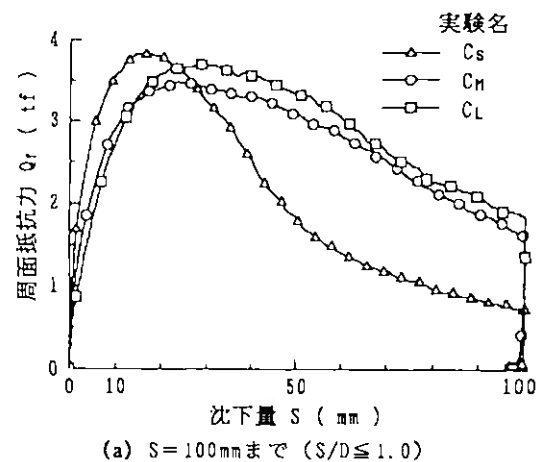


図-1 周面抵抗力( $Q_r$ ) - 沈下量(S)関係

"Model Tests on Vertical Bearing Characteristics of a Multi-node Pile Filled with Compacted Gravel (Part 2: Effects of Gravel-zone Diameter)", Sadao YABUUCHI, Hideki HIRAYAMA, Hiroaki YAMASHITA & Yoshiyuki KAMIKONYA (GEOTOP Corporation)

て次のようなことが分かる。

- ① 隙部径が小さいほど、周面抵抗力  $Q_r$  がピークに達するまでの沈下量は小さい。ただし、 $C_N$  と  $C_L$  の間にはさほど顕著な差は見られない。
- ② 沈下量を10mm以下、すなわち  $S/D \leq 0.1$ 、では同一沈下量での周面抵抗力  $Q_r$  は隙部径が小さいほど大きい。ただし、 $C_N$  と  $C_L$  の間には、①と同様、さほど顕著な差は見られない。
- ③ ピーク値は、 $3.5(t_f) \sim 3.8(t_f)$  とほぼ同じで、隙部径の影響をあまり受けない。
- ④ ピーク後の周面抵抗力  $Q_r$  は、 $C_N$  と  $C_L$  は緩やかに低下するが、 $C_s$  は急激に低下している。また、残留状態の周面抵抗力  $Q_r$  も、 $C_s$  は他の隙部径の値の約半分である。

以上の結果、 $C_s$  は他の隙部径のものとは若干異なった傾向を示していることが分かる。すなわち、本実験からは、 $S/D \leq 0.1$  では、隙充填節抗は隙部径の小さい方が良好な鉛直支持特性を有するという結果が得られた。

#### 4. 考察

砂中で調べた節抗の基本的な鉛直支持機構<sup>2)3)</sup>は、次のようにまとめられる。

- ① 荷初期からピークまで(図-2(a))：節部は、抗先端と類似のメカニズムで周辺部を圧縮する。その反力としての節部底面抵抗  $q_b$  と、圧縮部に生じる非常に高い水平応力  $\sigma_h$  (すなわち、軸部周面に対する直応力) のもとでの軸部摩擦抵抗  $f_s$  が、周面抵抗の主要要素である。したがって、この過程では、周面抵抗は節部下方地盤の圧縮性による影響が大きい。
- ② 残留状態(図-2(b))：抗周辺地盤に円筒状のすべり面が形成され、周面抵抗は主に円筒状のすべり面上のせん断抵抗  $\tau_s$  によって決まる。

本実験においても、支持機構を考察するために着色した隙層や砂層を設け、荷試験終了後に掘出して観察したが、観察結果は荷試験時の周面地盤の変形だけでなく隙充填時の変形も含まれるため解釈は容易ではない。

そこで、上記の基本的な支持機構も参考にすると、本実験における隙充填節抗の鉛直支持機構および隙部径の影響は、図-3のようになると推察される。同図の隙部には、荷試験後の掘出し時に隙部の隙間に砂が観察された範囲も示している。

- ① ピークに達するまでは、図-3(a)に示すように、節部下方に生じる圧縮領域は、隙部径が小さいものほど周辺砂地盤や隙の隙間の砂の影響を受けやすい。ここで、表-2に示したように、隙充填節抗設置時に隙部径の小さい方が締固め用管の押し込み力が大きいことから、投入した隙部とサンドレイナーで作成した砂部では、隙部の方が高圧縮性であると判断される。したがって、隙部径が小さい場合の節部下方の圧縮領域は、圧縮性の低い砂の影響を受けやすい。このため、隙部径が小さいものほど、同一沈下量での周面抵抗は大きくなったものと考えられる。
- ② 残留状態において、 $C_s$  の周面抵抗が他の隙部径

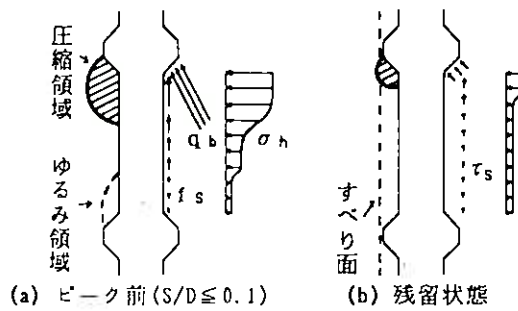


図-2 砂中の節抗の支持機構模式図

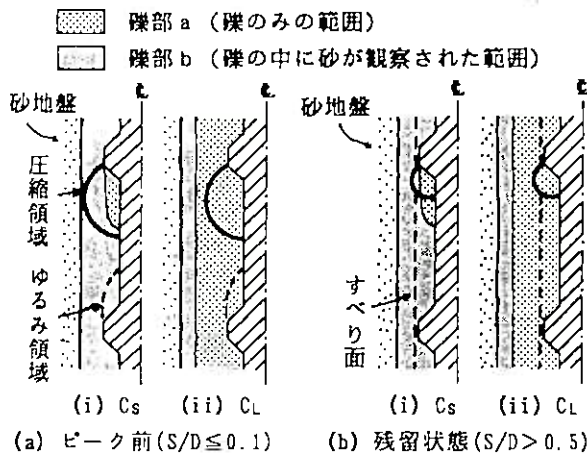


図-3 隙充填節抗の支持機構模式図

のものより小さいのは、図-3(b)に示すようにすべり面上のせん断抵抗が、隙部の隙間で観察された砂の影響を受けたためと考えられる。これは、 $C_s$  の残留状態における周面抵抗が、本実験に用いた節抗の砂中での荷試験結果<sup>1)</sup>における残留状態の周面抵抗とほぼ同じになっていることから推察できる。ただし、残留状態は  $S/D > 0.5$  で生じているので、実際はあまり問題にならない。

#### 5. あとがき

(その1)で述べたように、隙充填節抗では、節部からの圧縮力を最も強く受ける隙部を十分締固めることが重要である。さらに、本実験により、隙部径が小さい方が周辺地盤の締固めに有利であり、支持特性を向上させ得ることが分かった。液状化対策の観点からも、周辺地盤の密度増加は重要である。周辺地盤の締固めや実際の施工性の観点から、隙の締固めが適切に行える範囲で、ケーシング径は小さくする方が効果的であるとえられる。

#### 参考文献

- 1) 藪内・平山・山下・上紺屋 (1994)："周辺に隙を充填した節抗の鉛直支持特性に関するモデル実験(その1：隙充填方法の影響)"，第29回土質工学研究発表会。
- 2) 藪内・平山・山下・上紺屋 (1993)："砂中の節抗周辺の地盤変形モード"，第28回土質工学研究発表会，pp.1773-1774。
- 3) 藪内・平山・山下・上紺屋 (1993)："抗先端抵抗と比較した節抗の節部抵抗"，第28回土質工学研究発表会，pp.1775-1778。