

SCP 工法におけるケーシングパイプ内の閉塞効果に関する研究

徳山工業高等専門学校 学生会員 ○有井 康洋
徳山工業高等専門学校 正会員 上 俊二
井森工業（株） 正会員 大内 光徳
徳山工業高等専門学校 正会員 藤原 東雄

1. 序論

SCP 工法とは、ケーシングパイプを使用して、軟弱地盤によく締め固められた砂杭を造成することにより、地盤を改良する工法である。鋼管杭は一般に、先端が解放の状態で行き込まれるが、このような杭は打ち込むにつれて、杭内部に土砂が侵入する^{1), 2)}。ケーシングパイプを地盤に貫入する際、パイプ内に栓の役目を果たす砂を投入し、この砂が閉塞してパイプ先端からの軟弱土の侵入を防ぐ。一方、パイプ内の砂を排出する際には、閉塞効果を解かねばならないため、砂を排出しにくいという問題点がある。そこで、本研究では、パイプ内の砂の閉塞効果のメカニズムを明らかにするために、砂の自重による閉塞効果とケーシングパイプの貫入による砂の閉塞効果を調べるため、パイプの管径やパイプ内に投入する砂の高さ、および砂の密度を変化させて実験を行った。

2. 実験概要

図-1 に試験装置の概要を示す。試料は乾燥状態の豊浦標準砂を用い、表-1 に相対密度と密度の関係を記す。パイプは、10.5cm、15.5cm、20.5cm の 3 種類の管径のものを用いた。

まず、砂の自重による閉塞効果を生じる砂高（換算砂高）を求めるために、ロードセルの上に載荷板を載せ、各管径に対して、パイプ内に自由落下で相対密度 30% になる砂を 10cm 分ずつ投入する。そして、それぞれの砂高 H に対しての砂の重量 W を測定する。ここで、換算砂高を次のように定義する。

$$H' = \frac{W}{\gamma_s \times A} \tag{1}$$

H' : 換算砂高(cm) W : 測定した砂の重量(gf)
 γ_s : 砂の密度(g/cm³) A : 砂杭の断面積(cm²)

次に、ケーシングパイプの貫入による砂の閉塞効果を調べるため、押抜き試験を行った。各管径に対して、パイプ内に所定の密度で砂を 10cm 分ずつ投入し、一定の速度(20mm/sec)でピストンを押し上げ、荷重を測定する。

3. 実験結果と考察

(1) 砂の自重による閉塞効果に関する実験

図-2 に投入砂高 H、換算砂高 H' を管径 D で正規化した実験結果を示す。これより、H/D が 2 以上になると、H/D の値がほぼ 1 で定常になる傾向を示していることが分かる。したがって、換算砂高と管径がほぼ等しくなり、投入砂高が管径の 2 倍以上になれば

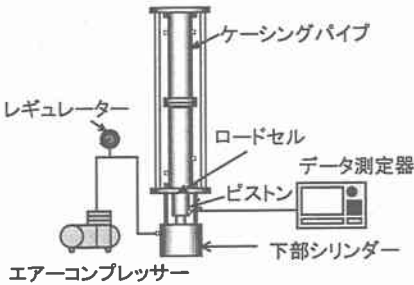


図-1 試験装置

表-1 相対密度と密度の関係

相対密度 D _r	密度 γ_s (gf/cm ³)
30%	1.470
50%	1.524
80%	1.611

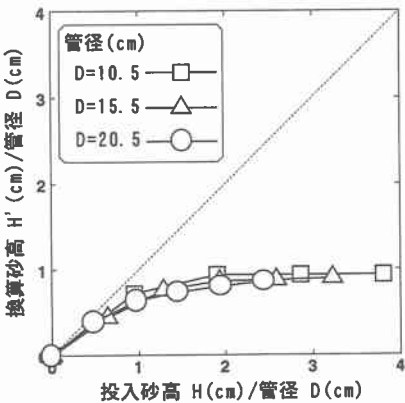


図-2 H/D と H'/D の関係

ば、砂は閉塞していると推測できる。

(2) ケーシングパイプ貫入による砂の閉塞効果に関する実験

図-3 は、押抜き試験結果の一例として、相対密度 $D_r=30\%$ 、管径 $D=15.5\text{cm}$ の場合の、ピストンの変位と押抜き力の関係を示したものである。これより、投入砂高が大きくなると、押抜き力も大きくなることが分かった。ここで、押抜き力がピーク、および定常状態になったときを降伏点と定めた(図中に×で示す)。

図-4 は、相対密度 $D_r=30\%$ の場合の、投入砂高 H と、図-3 に示す降伏点での押抜き力の関係を示している。同じ投入砂高で比較した場合、管径が大きくなると押抜き力が小さくなることが分かる。 $D_r=50\%$ 、 $D_r=80\%$ については、紙面の都合上示していないが、パイプ内の砂が密な状態になるほど、大きな押抜き力を必要とする傾向を示した。

図-5 は、投入砂高 H を管径 D で除し正規化した比(H/D)と、押抜き力をパイプの断面積で除した単位面積当たりの押抜き力の関係を示している。それぞれの砂の密度において、3本の線が重なっていることから、 H/D と単位面積当たりの押抜き力の関係は1本の曲線で表されることが分かった。

(3) パイプ内の砂の閉塞メカニズム

実験結果より、パイプ内の砂の閉塞メカニズムを推測した。

砂杭を造成する際、まずパイプ内に砂を投入する。図-2 より、パイプ内の砂は、管径の2倍以上になるように砂を投入すれば閉塞している。この際の圧力分布は、静止土圧であると考えられる。続いてパイプを地盤中に徐々に押し込む。パイプ内の砂は、軟弱土の侵入に抵抗しながら、砂の密度は徐々に大きくなる。このとき砂の応力状態は、水平応力 σ_h が鉛直応力 σ_v より大きくなり、土圧は受働土圧となり、さらにパイプを押し込むと、水平応力 σ_h はさらに増加し、砂が最も密になっている部分で土圧は最大になると考えられる。

4. 結論

砂の自重による閉塞効果、押抜き試験の実験結果より、以下のような知見が得られた。

- (1) 砂をパイプ内に管径の2倍以上投入した場合、管径と同じ値の砂高(換算砂高)で砂杭は閉塞している。
- (2) 押抜き力は、砂の密度、投入砂高、管径の大小により変化する。

参考文献

- 1) 山原 浩：鋼管ぐいの閉塞効果と支持力機構(その1)、日本建築学会論文報告集第96号、pp.28-35、1964。
- 2) 駒田 敬一、大志万 和也、森山 清治：開端鋼管ぐいの先端閉塞効果について(第1報)、第10回土質工学研究発表会、pp.497-500、1973。

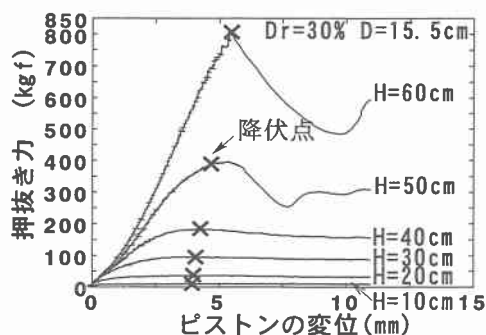


図-3 ピストンの変位と押抜き力の関係

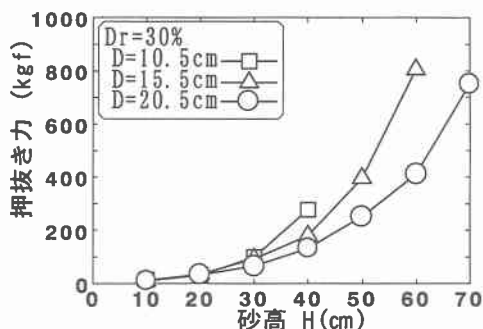


図-4 砂高と押抜き力の関係

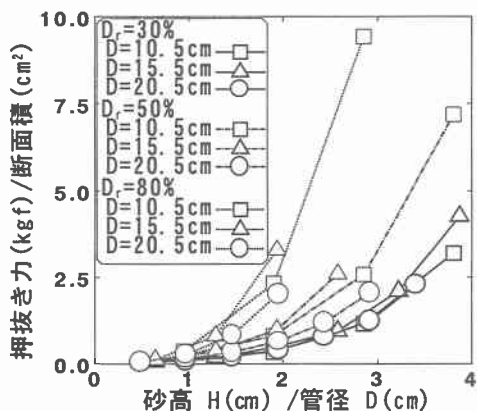


図-5 H/D と単位面積当たりの押抜き力の関係