

III-270 取込み口型式の異なるブラインド型ケーソン(鉛直ブラインド型シールド)の比較研究

早稲田大学 正員 森 麟
トビー建設K. K. 正員 角田 安一
早稲田大学大学院 学生員 ○酒井 俊雄

1. まえがき

軟弱粘性土地盤が厚く、支持層の深い場所にケーソンを沈設する場合、ある深さ以上になるとヒービング現象が発生し施工不可能になる場合がある。そのためケーソンの沈降深さが大きい場合でもヒービング防止が可能なブラインド型ケーソン(原理的には鉛直ブラインドシールド)が考え出され、前回その実験結果について¹⁾報告している。今回は、ケーソン底板部から土を取込む方式として取込み口をケーソン内に立上げたタイプの他に、取込み口を逆にケーソン推進方向に突出したタイプも考えた。本研究では、模型ブラインド型ケーソンを用いて実験を行い、突出しブラインド型と立上げブラインド型の基本挙動を調査し、その相違点を明らかにすることを目的としている。

2. 実験方法について

本研究では、透明実験土槽箱と縦割り半断面ケーソンを用いた。実験土槽は土被り圧の不足を補うために、土表面に圧気作用できるようになっている。模型ケーソンはアクリル製の半円筒型であり、ケーソン底板の取込み口より流入した土をかきとるようになっている。取込み口の種類として立上げ型、突出し型があり、その概略を表-1、図-1に示す。模型ケーソンには土圧計を2個所に設置してあり、土圧計(1)はケーソン側面に設置し土被り圧 γH を、土圧計(2)はケーソンの底板に設置し底面圧 P を測定する。ケーソンの沈降速度は $4.1(\text{mm}/\text{min})$ とし、取込率の測定は沈下量 1.5 cm 間毎の土量を求め、その深さのケーソンの P と γH はそれぞれこの 1.5 cm 間の平均値とした。実験土槽の土は白色粘土に水を加えて練り返したもので、粘着力 C は $0.2\sim 0.4(\text{tf}/\text{m}^2)$ の範囲である。

3-1. 土の取込状態の比較

ブラインド型ケーソン沈降時の取込土量によって、ケーソン周辺の地盤の動きは影響を受ける。取込土量が 100% 付近の土の動きを調べると、立上げ型の場合図-2(a)に示す様に取込み口の土の動きは底板下に浅いすべり面ができ、そのすべり面内の土が矢印のようにスムーズに動いて滞留部分は生じない。又、周辺地盤の土の動きは少ない。一方、突出し型の場合図-2(b)に示すように、突出先端部と底板縁部の間に不動域が生じ、土の流れは2通りの挙動を示す。ケーソン沈降に伴い底板のうち縁部の土は外に押出され、内側の土は取込み口に向かう。突出し長さが長いほど、底板面積(A_0)中に占める有効取込み底面積 εA_0 は小さい。 ε の値は突出し長さ 3 cm の場合 0.9 であり突出し長さ 18 cm の時は 0.6 となった。このため有効取込み底面積 εA_0 に対しての取込土量は $100/\varepsilon(\%)$ となるので、大体 $110\%\sim 170\%$ という状態で土が流入している事になる。

3-2. 流入抵抗Fの比較

現場ではブラインド型ケーソンを沈降させる場合、地盤の動きを少なくするため取込土量になるべく 100% 付近になるようにする必要がある。土量が 100% 時の底面圧 P に当たる土の流入抵抗 F の式はブラインド型シールドの考え方に準ずるものとし、立上げ型ケーソンの流入抵抗 F_1 の式は第二項に立上げ部の抵抗を加え

$$F_1 = \alpha \cdot C \cdot \{-6.9 \log_{10} (A_1/A_0)\} + C' \cdot S/A_2 \dots (1)$$

ここで、

α ; 粘着力有効率(ここでは 1.0)

C ; ケーソン底面深さの土の粘着力(tf/m^2), A_1 ; 取込み口の断面積(m^2)

C' ; 粘土と取込み口壁面との付着力, 本実験では $0.82 \cdot C(\text{tf}/\text{m}^2)$

S ; 取込み口立上がり部の周面積(m^2), A_2 ; 底板下面の開口面積(m^2)

一方、突出し型ケーソンの場合は 100% 土量でも取込みと押し出しの

表-1; 取込み口の概略

立上げ型	取込み口直径 (cm)	立上げ長さLの 種類 (cm)
	8	7, 12, 17, 22
突出し型	取込み口直径 (cm)	突出し長さLの 種類 (cm)
	8	3, 8, 13, 18

本突出し型には立上げ分Hが 4 cm ある

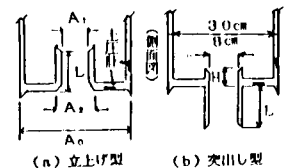


図-1; 取込み口の形状

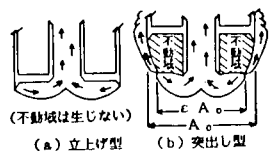


図-2; 土の取込状態の比較
(取込率100%の場合)

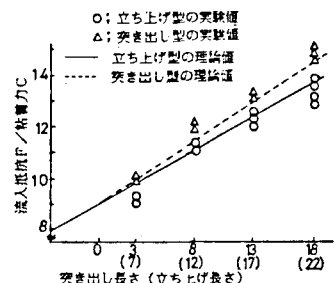


図3; $F/C \sim$ 突出し長さ(立上げ長さ)の関係

2つからなるので、流入抵抗 F_2 は次のようにして求める。まず取込みに要する圧力 F_2' は有効取込み底面積 εA_0 内の土量突出し先端部の取込口より入るとして、

$$F_2' = \alpha \cdot C \cdot \{-6.91 \log_{10} (A_1 / \varepsilon A_0)\} + C' \cdot S / A_1 \quad \cdots (2)$$

となる。一方、 $(1 - \varepsilon) A_0$ の面積内の土がケーソン外へ押し出されるのに要する圧力 F_2'' は、 $F_2'' = F_1 + 5 \cdot C$ となる。ここで $5 \cdot C$ とはケーソン沈降の時に、土を押し出す時の $(\gamma H - P)$ の値である。以上より突出し型ケーソンの流入抵抗 F_2 は $F_2 = (1 - \varepsilon) F_2' + \varepsilon F_2''$ となる。図-3に実験値と理論値の結果を示すが、ほぼ一致していると思われる。図-3を見ると突出し型の方が立上げ型より大きくなり、突出し長さが長いほど押し出土量が大きくなるためその差は大きくなる。

3-3 取込土量の支配条件の比較

以前に行ったブラインド型シールドの実験²⁾から、取込土量はシールド中心深さの地盤の静止側圧 $K_0 \gamma H$ とシールド前面に作用する推進時の平均前面圧力 P との圧力差 $(K_0 \gamma H - P)$ に比例することを明らかにしている。今回はケーソンであるので $K_0 \gamma H$ の代わりに鉛直土圧 γH を用いて実験結果を整理したのが図-4である。図-4においてA点は主働破壊の発生点であり、B点は受働破壊の発生点である。立上げ型、突出し型ともAB間では土量と $(\gamma H - P)$ が直線的な比例関係にあること、AB間の範囲外ではわずかの圧力差 $(\gamma H - P)$ の変化で土量が急激に変わることが分かる。又、立上げ型の場合、流入させようとする圧力 γH と抵抗する圧力 P が等しい $(\gamma H - P) = 0$ の時、取込土量はほぼ100%になるが、突出し型の場合においては $(\gamma H - P) = 0$ でも取込土量は100%とはならない。この理由は、取込土量が100%付近では図-2(b)に示すように底板周辺部の土が斜め上方へ押し出され、その分 γH 測定用土圧計にかかる土圧が小さくなり、正しい γH が測定できないためと考えられる。主働、受働破壊の発生条件を圧力差 $|\gamma H - P|$ と粘着力 C の比 $|\gamma H - P| / C$ の大きさを求めたのが表-2、3である。

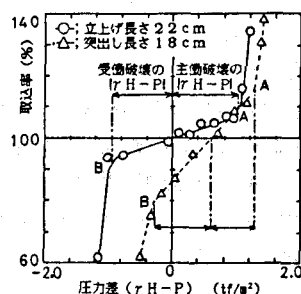


図4：取込率-圧力差 $(\gamma H - P)$ の関係
(直径8cm, $C = 0.30 \text{ tf/m}^2$)

表-2：立上げ型の破壊条件

立上げ長さ (cm)	$(\gamma H - P) / C$		計
	主働破壊	受働破壊	
7	2.98	4.21	7.19
12	3.37	3.72	7.09
17	3.47	3.76	7.23
22	3.11	4.08	7.19
平均	3.28	3.97	7.25

表-3：突出し型の破壊条件

突出し長さ (cm)	$(\gamma H - P) / C$		計
	主働破壊	受働破壊	
3	2.89	2.93	5.82
8	2.32	3.17	5.49
13	2.27	3.02	5.29
18	2.18	2.86	5.04

立上げ型の場合立上げ長さが変わっても $|\gamma H - P| / C$ の値はあまり変化なく、主働、受働破壊の条件は $|\gamma H - P| / C$ の値がそれぞれ3.3, 4.0前後である。一方、突出し型の場合、主働、受働破壊とも $|\gamma H - P| / C$ の値は立上げ型のものより小で、また、突出し長さが長いほど小さく破壊しやすいことになる。図-4のAB直線部の勾配 a は土量変化率であり、圧力差 $|\gamma H - P|$ が1(tf/m^2)の時の土量変化量に当たる。いくつかの粘着力 C における a の値を図-5に示す。図-5より立上げ型の場合、 a は立上げ長さに無関係で C に逆比例する。突出し型の場合も a は C に逆比例するが、 a の値が立上げ型より大きく、かつ突出し長さが長くなるほど a は大きくなっている。その理由として、3-1で述べた様に取込み土量100%の時でも突出し型は有効取込み底面積に対する取込み土量としては100%をかなりオーバーしていて切羽地盤に破壊が生じた状態となることが主な原因と考えられる。以上のことより突出し型はケーソン沈降の際の土の動きが大きく又切羽破壊が生じ易いタイプであることが分かった。

【参考文献】

- 1) 森, 角田; 『深い軟弱粘土地盤を対象としたブラインド型ケーソンの基礎研究』土木学会年次学術講演会Ⅲ-48, 1986-11
- 2) 森, 秋葉; 『密閉式シールドにおける粘性土切羽地盤の破壊条件と取込土量』トンネルと地下, 1984-8

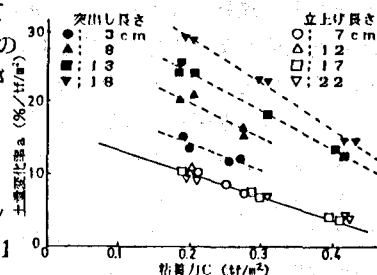


図-5：土量変化率-粘着力の関係