

III-48 深い軟弱粘性土地盤を対象としたブラインド型ケーソンに関する基礎的研究

早稲田大学

正 員

森 虎典

トピー建設K.K.

角田 安一

○ 早稲田大学大学院 学生員

酒井 俊雄

同 大学院

何 泰源

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が考え出された。本研究では、ブラインド型ケーソンの模型を用いてケーソンの基本的挙動を調査し、現場施工時に必要な問題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層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、土表面に圧気を作用できるようにしている。模型ケーソンはアクリル製の半円筒型であり、ケーソン底部の開口部より流入した土をかきとるように、開口部には取込口を煙突状に立ち上げて接続している。取込口は4種類ありTable-1に示す。模型ケーソンには土圧計が2箇所を設置してあり、土圧計(1)はケーソン側面にあって土被り圧 p を、土圧計(2)はケーソンの底版にあってケーソン底面圧 p を測定する。ケーソンの沈降速度は $41\text{mm}/\text{min}$ とし、取込率の測定は沈下量 2cm 間毎の土量を求め、その深さのケーソンの p と rH はそれぞれこの 2cm 間の平均値とした。土圧計(2)は排土が取込口に溜ると土の流入抵抗が増し土圧が上昇するので流入した排土を常にかきとり、排土が取込口に溜らないようにした。実験土槽に用いた土は白色粘土に水を加えて練返したもので、粘着力 C は $0.2\sim 0.4\text{ t/m}^2$ の範囲とした。

Table-1: 取込口の種類

直径 (cm)	開口率 β (%)
6.0	8.00
2.6	1.502
1.2	0.320
0.5	0.0556

3. 取込土量の支配条件

森研究室において行なったブラインド型シールドの実験から、取込土量はシールド中心深さの地盤の静止側圧 $K_0 rH$ とシールド前面に作用する推進時の平均前面圧 p' との圧力差 $(K_0 rH - p')$ に比例することを明らかにしている。この考えに基づいて今回のケーソンの実験結果を整理したのがFig-1である。Fig-1より取込土量が90~110%の範囲では土量と $(rH - p)$ が直線的な比例関係にあること、流入させようとする圧力 rH と抵抗する圧力 p が等しい $(rH - p) = 0$ の場合は取込土量はほぼ100%になること、取込土量が90~110%の範囲外では僅かの圧力差 $(rH - p)$ の変化で土量が急激に変わることをわける。Fig-1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と考える。これら主働、受働破壊の発生条件を圧力差 $|rH - p|$ と粘着力 C との比 $|rH - p|/C$ の大ききで求めたのがTable-2である。主働破壊の条件は取込口の大ききに関係なく $|rH - p|/C$ の値はほぼ3前後である。受働破壊の条件も取込口の大ききに関係せず $|rH - p|/C$ の値は5.6前後である。ブラインド型シールドの実験結果では主働、受働破壊とも発生条件は $|rH - p|/C$ が5程度であるので、ケーソンの場合、シールドに比べ主働破壊は生じ易く受働破壊は生じにくいと考えられる。

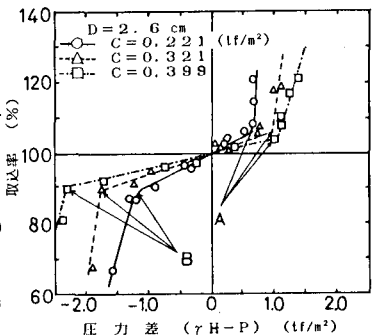


Fig-1: 取込率-圧力差 $(rH - p)$ の関係

Table-2

直径 D (cm)	粘着力 C (t/m²)	主働破壊点 $(rH - p)/C$	受働破壊点 $(rH - p)/C$	土量変化率 α (%/1t/cm²)
0.5	0.243	3.11	5.60	7.49
1.2	0.246	2.88	5.02	8.93
	0.211	3.06	5.52	9.37
2.6	0.321	2.94	5.39	8.86
	0.399	2.56	5.68	4.48
6.0	0.224	3.51	5.90	9.48
	0.310	2.95	5.80	7.23

現場においては完全に $(rH - p) = 0$ として取込率を100%にするのは難しいので、主働、受働破壊の生じない $(rH - p)$ の範囲内におさめるようにすることが重要である。Fig-1のAB直線部の勾配は、破壊の生じない範囲内の圧力差 $(rH - p)$ が 1 t/m^2 のときの土量の変化量、即ち土量変化率 α を示す。いくつかの粘着力 C における土量変化率の値をTable-2とFig-2に示す。Fig-2より土量変化率 α は取込口の開口率 β とは無関係で、粘着力 C に逆比例する。又、同一粘着力のブラインド型シールドの場合の土量変化率に比較して、ケーソンの場合はかなり小さく約半分程度

である。これは土の取込み方向がシールドでは水平方向であるのに対し、ケーソンでは鉛直下向きであるためと考えられる。

4. 底面圧力 P の変化について

ブラインド型シールドの場合、シールド前面圧は切羽破壊の生じない範囲では取込土量にかかわらず一定であり、その圧力はシールドへの土の流入抵抗 F に等しくなっている。しかし、ケーソンの場合については Fig-3 のように取込土量 100% 前後で底面圧 P が大きく変化している。このように P と取込土量の関係がシールドとケーソンで大きく違うのは、流入メカニズムの上でかなりの相違があることを意味するものと思われる。又、ケーソン底面圧が変化するため流入抵抗 F はどの取込土量に当る P をとるべきかが問題となる。この点については今後、調査が必要であるが、ここでは最も理想的な取込土量が 100% の時の圧力 P が流入抵抗に相当するものとしている。

5. 開口率と流入抵抗

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% 付近になるようにケーソン底部の取込口の開口率を適当にコントロールする必要がある。取込土量が 100% になる条件、および流入抵抗 F の式はブラインド型シールドの考え方に順ずるものとする。取込土量が 100% になる条件は、取込口の深さの土被り圧 γH が流入抵抗 F と等しいことである。流入抵抗 F の式はケーソンの場合、開口部よりパイプ状の立上りの抵抗分を加味して、

$$F = \alpha \cdot C (-6.9 \log_{10} \frac{\beta}{100} + \pi/3) + \alpha \cdot C \cdot R \quad \dots (1)$$

ここで、 C ；ケーソン底面深さの土の粘着力 (tf/m^2)

α ；流入過程における粘着力の有効率で 1.0~0.45 の間

β ；取込口上端の開口率 (%)

R ；取込口立上がり部の抵抗係数

R は、ここではケーソン底版下面よりとった立上がり部の全周面積を底版下面の開口面積で除した値としている。実験値と理論値 (1) の結果を Fig-4 に示す。Fig-4 を見ると、理論値 (1) の方が実験値よりやや低めであるが勾配は理論式の方が高い。実験値の傾向がこのまま続くとするば、現場では粘着力が 10 倍程度になるので、理論式の方が大きくなると思われる。この理論式については今後、検討の余地がある。

6. 想定現場におけるケーソンの沈降深さと開口率

実際の現場では、厚い粘性土地盤は深さと共に粘着力が増加し、今回の実験のように一様な粘着力の地盤ではない。深さと共に γH と粘着力の大きくなる地盤にブラインド型ケーソンを沈降させる場合、開口率 β はケーソンの沈降深さによって変化させる必要がある。このため Table-3 のような地盤を想定し、ケーソンを沈降させた場合を考え、取込土量が 100% になるように各深さにおける取込口の開口率 β を、理論式 (1) を用いて求めた。なお、想定したケーソンは直径 15m の円形断面とし、立上げ高さ 2m の取込口を付けたものとした。Table-3 から分るように開口率 β は深さによりかなり変化させることが必要である。

参考文献 1), 2), 3) 森、秋葉；密閉式シールドにおける粘性土切羽地盤と破壊条件と取込土量、トンネルと地下、1984-8

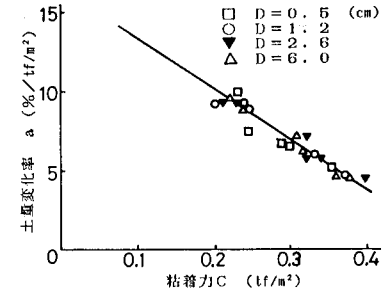


Fig-2：土量変化率-粘着力の関係

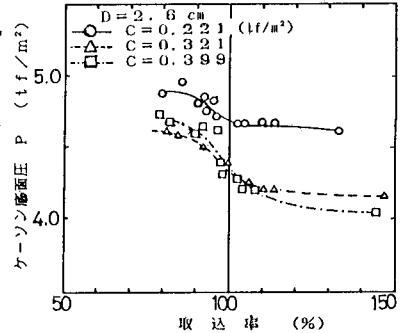


Fig-3：ケーソン底面圧 P -取込率の関係

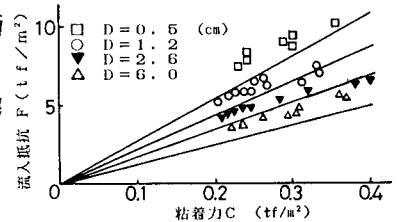


Fig-4：流入抵抗-粘着力の関係

Table-3：想定現場における深さと開口率 ($\alpha=1.0$)

深さ H (m)	有効粘着力 αC (tf/m^2)	γH (tf/m^2)	理論式 (1)	
			直径 D (m)	開口率 β (%)
10	1.8	16	4.23	7.93
15	2.4	24	3.60	6.36
20	3.0	32	3.10	4.24
25	3.6	40	2.90	3.63
30	4.2	48	2.70	3.24
35	4.8	56	2.60	2.98
40	5.4	64	2.60	2.79