III-476　ブラインド型ケーソン（鉛直ブラインド型シールド）の沈降におよぼす薄い砂層の影響

早稲田大学　正員　森　麟
同　大学院　学生員 ○ 野田　純矢

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）が考え出された。前前回[1]にはその基礎的研究について、前回[2]には異なる取込口形式の比較研究についてそれぞれ報告している。従来の研究は均一粘土地盤を対象としてきたが、今回は実際の現場でも想定できる軟らかい粘土層中に薄い砂層をはさむ場合、その砂層がブラインド型ケーソンの流入抵抗（沈降させるのに必要な底版圧力）および流入挙動に及ぼす影響を調査し、現場施工時に必要な最大底面推力などの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

本研究では透明土槽箱と縦割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、土表面に直接圧気を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でありケーソン底版の取込口の種類としては4種類あり、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カ所に設置してあり、土圧計(1)はケーソン下部側面に設置し、土被り圧γHを、土圧計(2)はケーソン底版に設置し底面圧Pを測定する。ケーソンの沈降速度は5.0(mm/min)とし、ケーソンエッジ部が砂層に到達するまでは取込率が100%となるように圧気を調整する。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　0.2～0.4(tf/m²)　の範囲である。砂層に用いた砂は豊浦標準砂で、含水比8～12%の範囲である。また砂層の厚さは0～7cmとした。

取込口直径 D_1 (cm)	立ち上げ長さ L (cm)	開口率 (%)
8	7，17	7.11
10	7，17	11.11

$D_0=30$(cm)，$D_2=D_1+2$(cm)

表1；取込口の種類

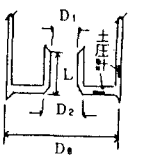
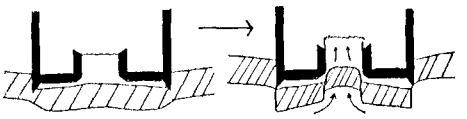


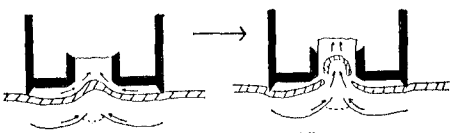
図1；取込口の形状

3．実験結果と考察

3．1　砂層の破壊と流入状況　　ケーソンが砂層に達するまでは取込率100%になるように地表圧気を調節しているので周りの地盤を乱さずに沈降する。ケーソンが砂層に近づくと砂層が厚い場合は次第に取込量が減少して0となり直下の砂層を全体的に押し下げ、下の粘土地盤に受働破壊を発生させた後、取込口直下の砂層が円筒状に押し抜きセン断される（図2）。砂層が薄い場合はケーソンが砂層に近づくと砂層はゆっくりと取込口の方に引っ張られるように引きちぎられてセン断されその下の粘土層と共に取り込まれて行く。このため取込率は減少するものの絶えず取込まれる（図3）。砂層突破後はどの場合もケーソン底版に砂層のほぼ全厚が付着したまま沈降してゆく。



図－2；砂層が厚い場合のセン断状況



図－3；砂層が薄い場合のセン断状況

3．2　底面圧Pの挙動　　ケーソン取込口から土を取り入れるため必要な圧力に当たる底面圧Pは流入抵抗に相当しケーソンが砂層に到達するまで砂層厚に関係なく一定値P_1[2]をとる。ケーソンエッジ部が砂層に到達すると底面圧は急激に上昇を始め、その後Pmaxに達し砂層が押し抜かれて急激に低下し、はじめの安定値より大きい底面圧P_2に落ち着く。Pmaxと砂層厚の関係は図4に示すように砂層が厚いほどPmaxは大となり、直線関係を示す。また図5のように（P_2-P_1）の値はは砂層厚が大きいほど大きくなってているが、これは底版に付着する砂層全厚だけ取込部の立ち上げ高さが高くなったことに当たるので、流入抵抗P_2が大きくなるためと考えられる。

３．３　Ｐmaxの算定　　施工に当たってはケーソンが砂層部を突破する時に生じるＰmaxの大きさを知る必要がある。Ｐmaxに到達した時、取込口直下の砂層が円筒状に押抜きセン断されるので、まずこの円筒面のセン断抵抗を考える。この場合底版直下の砂層上面にはＰmaxの圧力が作用し、砂層底面の圧力はＰmaxが分散され定数（伝達率）αを乗じたαＰmax になるとする（図６）。

また砂層の円筒セン断面にはその深さに応じてＫａＰmax～ＫａαＰmaxまでの水平力が作用するとすればセン断抵抗力は次式のようになる。

$$\text{セン断抵抗} = (K_aP_{max}\tan\phi + K_a\alpha P_{max}\tan\phi)\,\pi r x$$
$$= K_a(1+\alpha)P_{max}\cdot\tan\phi\,\pi r x \quad \cdots\cdots(1)$$

Ka：主働土圧係数（$=\tan^2(45^\circ-\phi/2)$）

ϕ：豊浦砂の内部摩擦角（＝３５°）

ｒ：円筒セン断砂層の半径（取込口半径）　ｘ：砂層厚

このようなセン断抵抗を持つ砂層を押し抜く力は図６の砂層底面に作用する圧力αＰmaxからＰ₁を差し引いた砂層による圧力増加分であり(2)式で示される。

$$\text{押抜き力} = (\alpha P_{max} - P_1)\,\pi r^2 \quad \cdots\cdots\cdots(2)$$

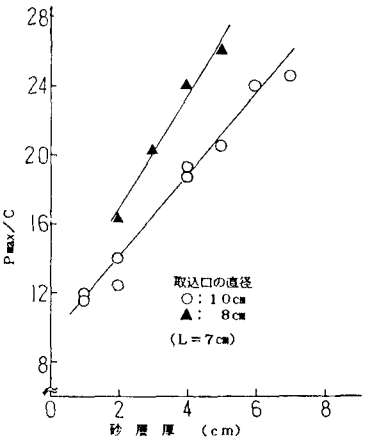
従って　(1)=(2)からＰmaxは（３）式の様になる。

$$P_{max} = \frac{P_1\cdot r}{\alpha r - (1+\alpha)\,K_a\tan\phi\, x} \quad \cdots\cdots(3)$$

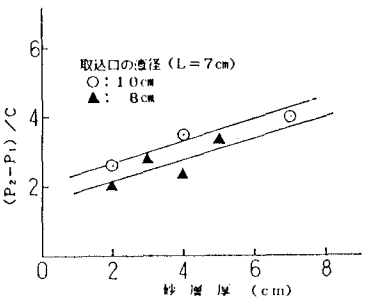
また(3)式中のＰ₁の大きさは(4)式[2]から求めることができる。

$$P_1 = \alpha C\cdot\{-6.9\log_{10}(A_1/A_0)\} + C'\cdot S/A_2 \quad \cdots\cdots(4)$$

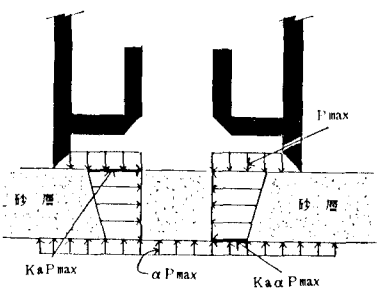
実験結果のＰmax，Ｐ₁を(3)式に代入して伝達率αを求めると図７のようになりαは実験的に砂層厚とは無関係にほぼ一定値の０．８８程度であった。それ故(3)式でＰmaxを予測する場合にはαを０．８８にとるのが妥当と考える。



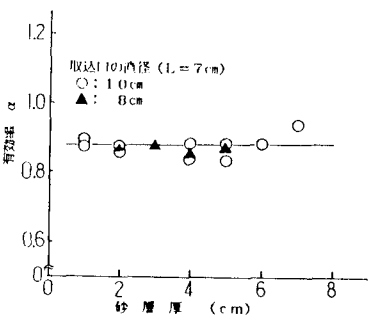
図－４；Ｐmax／Ｃ～砂層厚の関係



図－５；（Ｐ₂－Ｐ₁）／Ｃ～砂層厚の関係



図－６；Ｐmaxの分散および伝達



図－７；有効率α～砂層厚の関係

４．まとめ

粘土層中に薄い砂層があるとブラインド型ケーソンの沈降抵抗力が増加するが、砂層を突破するときの底面圧Ｐmaxは(3)式から求められαは０．８８とすればよい。従ってブラインド型ケーソンを沈降させるときに必要な最大底面推力は底面積をＡ₀とするとＰmax・Ａ₀である。

《参考文献》

１）森，角田，何，酒井(1986)：第41回土木学会年次学術講演会　Ⅲ－４８
２）森，角田，酒井　(1987)：第42回土木学会年次学術講演会　Ⅲ－２７０