

# カオリン粘土を用いた短杭の水平載荷模型実験 Lateral Loading Model Test of Short Pile with Kaolin Clay

森 洋 ○町田 康貴  
Mori Hiroshi Machida Kohki

## 1. はじめに

特に河口付近の軟弱地盤上にある橋梁基礎構造物（例えば、杭基礎など）の中には、側方流動による長期的な水平力を受ける場合も少なくない<sup>1)</sup>。特に、地震時には大きな水平力が短期的に作用し、杭の耐震性能を照査する上での水平抵抗力の把握は大変重要である<sup>2)</sup>。

杭の水平抵抗力を検討するにあたり、古来から Broms の式<sup>3)</sup> が広く用いられてきた (Fig.1 を参照)。Broms の式は、地盤の種類 (砂・粘土)、及び、杭の長短に応じた杭の極限水平抵抗力を簡便的に示したものであるが、Broms の式そのものの妥当性を模型実験レベルで検討した例は少ない。

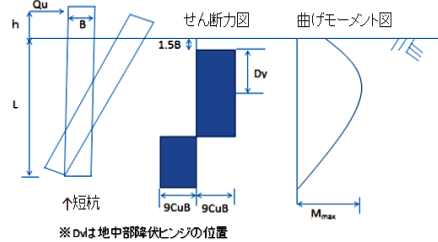
そこで、本報告では軟弱な粘性土地盤を対象とした短杭の水平載荷模型実験から Broms の式の妥当性について検討する。

## 2. 実験概要

今回用いたアクリル製の模型実験装置を Fig.2 に示す。また、実験に用いた短杭は直径 (B) 2cm、長さ 22.5cm のアルミ製円柱である。模型実験装置の寸法決定においては、Broms が提案している短杭の特性 ( $L\beta = 0.2 < 2.25$ ) に従って、寸法効果の影響がないよう、根入れ深さ (L) を 15cm とし、模型実験装置の大きさを決定した。また、粘性土地盤材料にはカオリン粘土 (Table 1 を参照) を用いている。

地盤試料の作成方法としては、杭を所定の高さに固定しつつ、含水比を約 75% に調整した試料を 8 層 50 回突き固めた後、地表面に約  $0.056\text{kgf/cm}^2$  相当のサーチャージ荷重を 24 時間かけて地盤を作成した (圧密度: 約 77%)。水平載荷方法は、単一方向に、3 分毎に 50 g の荷重を作用させていき、荷重と杭の水平変位関係から極限水平抵抗力を求めた。

• Broms の式 < 短杭 - 杭頭自由 - 粘性土地盤 >  
 $Q_u = 9CuB \{ [4(h/B)^2 + 2(L/B)^2 + 4(h/B)(L/B) + 6(h/B) + 4.5]^{1/2} - [2(h/B) + (L/B) + 1.5] \}$



B.B.Broms の式

$L > 2.25/\beta$  ならば長杭

$L < 2.25/\beta$  ならば短杭

ここに、L は杭の地中部の長さ (cm)、 $\beta$  は杭の特性値

$$\beta = (k_h B / 4EI)^{1/4}$$

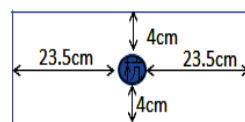
ここに、 $k_h$ : 水平地盤反力係数 ( $\text{kgf/cm}^3$ ),

B: 杭の幅 (cm), E: 杭のヤング係数 ( $\text{kgf/cm}^2$ ),

I: 杭の断面二次モーメント ( $\text{cm}^4$ )

Fig.1 Broms's equation

< Plane >



< Side >

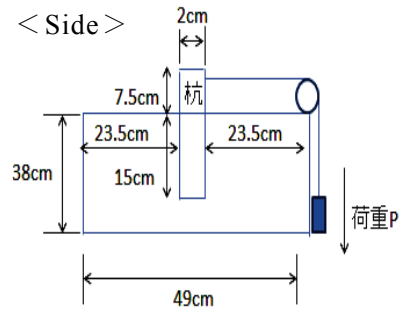


Fig.2 Outline of apparatus

Table 1 Properties of Kaolin

$W_L$ (%)	58.2
$W_p$ (%)	42.97
$I_p$	15.23
$C_c$	0.51
$C_v$ ( $\text{cm}^2/\text{d}$ )	148.72

### 3. 実験結果

**Fig.3** には、累計水平荷重と杭上部の水平変位の関係を示す。実験は、同条件で3回行っており、直接測定した変位、及び、写真による観測変位から取りまとめたものである。極限水平抵抗力時での変位量は若干バラツキがあるものの、いずれも矢印付近に大きな変位が生じており、極限水平抵抗力を検討する上での実験の再現性には問題がないと考える。

**Photo.1** には、地表面での変状を捉えるために設置した待針の変位状況を示す。引張方向である杭正面での地盤の変位は大きく、杭背面では地盤に大きな亀裂が生じる。これは、載荷荷重が増加するに従って、短杭の下端部が回転しながら、周辺地盤を伴って抜け上がるように移動しているため、短杭背面を取り囲む様に亀裂が生じているのだと推測され、**Fig.1** に示す Broms の式による杭背面でのせん断力分布図にもその影響が見て取れる。

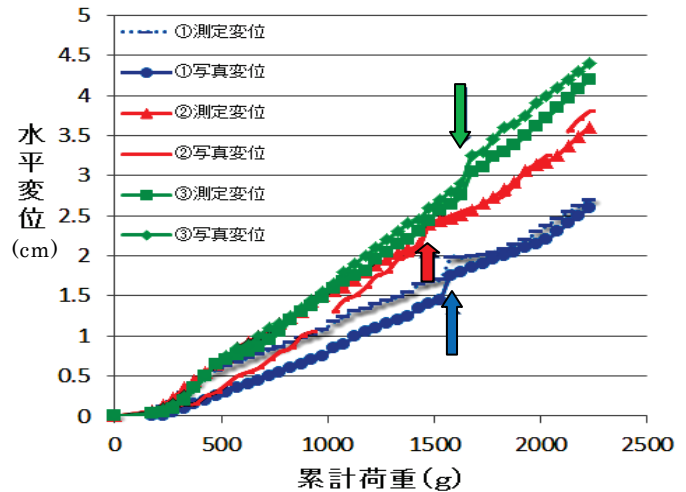
**Fig.4** には、実験終了後の模型地盤試料を用いた一軸圧縮試験結果を示す。14 供試体での一軸圧縮応力 ( $q_u$ ) を示したものであり、15% ひずみ量で平均  $0.059\text{kgf/cm}^2$  であった。**Table 2** には、**Fig.3** より水平変位が大きく降伏した地点での累計荷重 (実験値) と **Fig.1** に示した Broms の式より求めた極限水平抵抗力  $Q_u$  (理論値) を示す。Broms の式で用いる  $C_u$  は、ひずみ 15% での一軸圧縮試験より求めたせん断強度 ( $C_u = q_u/2$ ) を想定しているが、理論値と実験値は比較的よく一致している。

### 4. まとめ

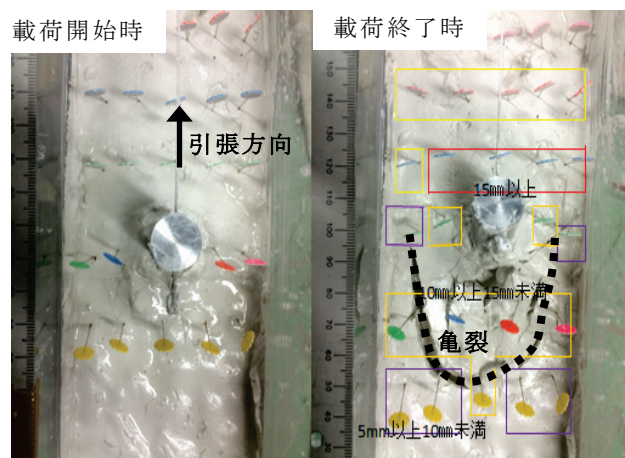
粘性土地盤での短杭の模型実験から、Broms の式の妥当性を確認することが出来た。しかし、観測の精度面に若干の課題が残っているため、更なる精度向上が必要であるとともに、今後は長杭での実験を行っていく予定である。

<参考文献>

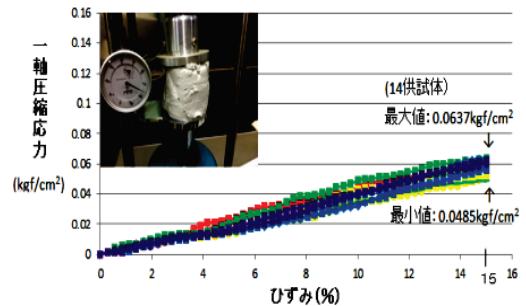
1) 矢作 枢ら：クリープを考えた杭の横方向 K 値、土と基礎、1979。2) 北崎 誠ら：柱状剛体基礎の水平支持力特性、土木学会第 58 回年次学術講演会、2003。3) B.B.Broms：DESIGN OF LATERALLY LOADED PILES, SOIL MECHANICS AND FOUNDATIONS DIVISION, 1965。



**Fig.3** Lateral loading and horizontal displacement



**Photo.1** Observation of surface with pins



**Fig.4** Unconfined compression test

**Table 2** Theory and experiment

実験番号	理論値(g)	実験値(g)
①	1463.5	1576.2
②	1618.6	1477.6
③	1588.1	1674.7