

立命館大学理工学部
立命館大学大学院
立命館大学大学院
立命館大学理工学部

学生員 ○瀧尻 敦
学生員 小林 泰三
学生員 柿田 隆弘
正会員 深川 良一

1. はじめに

支持地盤に破碎性がある場合の、支持杭先端における粒子破碎による力学的な影響¹⁾についての研究は、深い基礎の合理的な設計手法を確立するという意味で、工学的に重要である。このような研究は、要素レベルでは数多く行われてきているが、それらの研究成果を基礎の設計といった実問題へと合理的に還元するためには、境界条件を加味した上で、土の変形機構および破碎機構の両者を結び付けて検討する必要がある。

そこで本実験では、円柱形状のチョークを破碎性材料とし、二次元的に積層した模型地盤を用いて杭の貫入模型実験を行い、模型地盤の変形と破碎両者のメカニズムの可視化を試みた。

2. 実験方法

実験装置の概略図を図-1に示す。装置は鉄製の天板、側板、底板を用い、それぞれを連結して組み立てられる。装置内側の奥行きは42 mmで高さ、幅は図に示す通りである。天板および側板には、それぞれ内側に厚さ1.5 mmのシリコン製ゴムメンブレンを取り付け、模型地盤内に対し、水平方向と鉛直方向に独立に所定の空気圧を負荷できる仕組みになっている。これにより、深い基礎を想定できるだけでなく、側壁の影響を軽減することが可能であると考えた。実験に用いた模型杭は、鉄とアルミのブロックをつなぎ合わせた、底面積32 cm² (幅80 mm、奥行き40 mm)の立方体状のものである。

実験は、表-1に示す条件で計3パターン行った。杭形状、地盤条件(六方最密)、根入れ深さ(40 mm)を一致させた条件下で、いずれの場合も側圧を上載圧の1/2として拘束圧によるチョークの挙動の相違を調べた。モデル地盤は直径約11.3 mm、長さ約32.5 mm、平均密度1.63 g/cm³の炭酸カルシウム製チョーク棒を用い、六方最密に規則的に積層し作製した。チョーク端面中央にはペンで赤い点を打ち、これをターゲットとして追跡することで、モデル地盤内のひずみ解析を行った。杭の根入れ深さは杭幅の1/2(40 mm)とし、地盤積層を終えた後、空気圧を負荷して貫入を行った。杭の貫入は手動による変位制御で行い、貫入速度約0.2 mm/sで、1.0 mm毎に貫入を一時的に停止してデジタルカメラで模型地盤全体を正面から撮影した。また、同時に模型杭上部のロードセルで杭の貫入抵抗値を計測し、さらにフレームに連結された変位計によって貫入量を測定した。

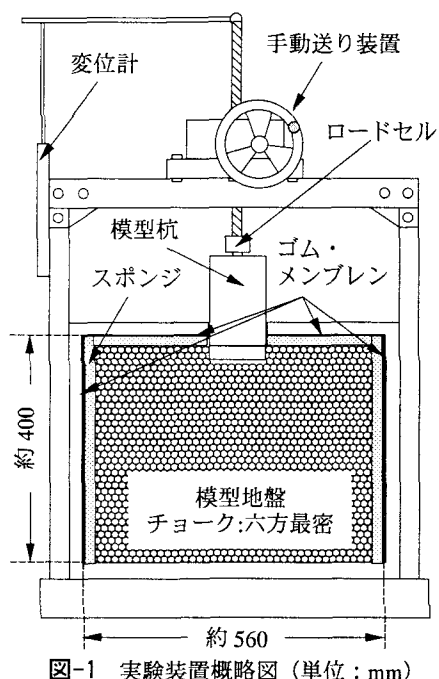


図-1 実験装置概略図 (単位: mm)

表-1 実験条件

TEST No.	p_v [kPa]	p_h [kPa]	地盤状態: 六方最密 先端形状: Flat 根入れ深さ: 40 [mm]
1	150	75	
2	200	100	
3	50	25	

3. 実験結果および考察

図-2に、正規化した貫入量 S/B (S : 貫入量、 B : 杭幅の1/2)と貫入抵抗の関係を示す。これより、拘束圧の高いTEST2、TEST3では、 $S/B = 0.2 \sim 0.4$ においてピーク強度を発揮するが、拘束圧の比較的低いTEST1ではそのような顕著なピークは現れないことがわかる。この結果は、貫入抵抗の発現過程において拘束圧の及ぼす影響が大きいことを示唆している。

図-3はTEST1とTEST2において図-2より貫入抵抗がピークを示した時の杭先端周辺での静止画像である。なお、TEST2においてはある程度貫入が進むと杭先端で主働くさびが形成されるのが確認された。図中の点線はくさび部分を強調するために付け加えたものである。図より比較的低い拘束圧の場合、ピーク時に杭先端ではダイレイタンス挙動が確認できるが、比較的高い拘束圧の場合、杭先端にくさびが形成され、その周辺で

顕著な粒子破碎が生じているのがわかる。これより、特に高拘束圧条件下ではダイレイタンシーが起ころうとする瞬間に粒子破碎が生じるために杭先端周辺にすべり線は発生しないことが示唆できる。

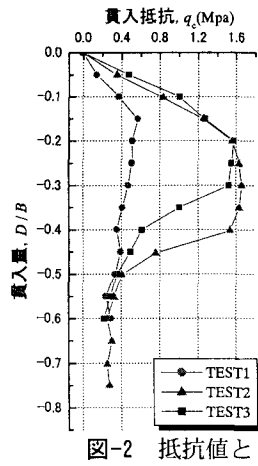


図-2 抵抗値と貫入量の関係

チョークにつけたターゲット

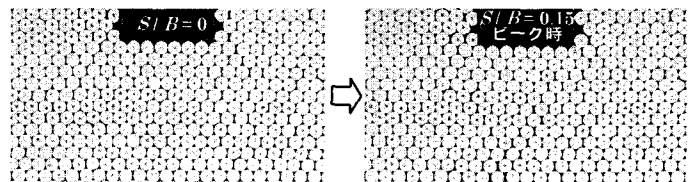
の座標を節点とする定ひずみ三角形要素を考え、実測したターゲットの変位からひずみ解析を行った。本文ではTEST2とTEST3におけるせん断ひずみ分布を図-4に、体積ひずみ分布図を図-5に示した。いずれの場合も $S/B = 0 \sim 0.25$ の変形場を解析対象とし、ひずみはパーセント表示とし、体積ひずみにおいては圧縮を正としている。また、図-6はせん断ひずみ分布図、体積ひずみ分布図とピーク時の杭先端周辺を撮影した静止画像とを比較するために示した。図-4において点線で強調した部分は負のせん断ひずみが顕著な部分であり、これを図-6と比較するとせん断ひずみ分布が卓越した部分と粒子破碎が顕著な部分はある程度一致していることがわかる。また図-5から杭のエッジ部より斜め下方で膨張の卓越していることがわかる。このことは、杭のエッジ部周辺で局所的にせん断によるダイレイタンシー挙動の発生することを示唆するものであり、杭先端で発生するくさび周辺では粒子破碎のみならず、わずかにせん断によるダイレイタンシーが発生することが示唆できる。これらのことから、高拘束圧条件下では主働くさびとの境界上で発生する粒子破碎のほとんどがせん断により生じると考えられる。

4. おわりに

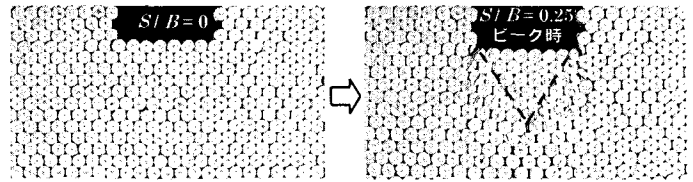
本論文では、チョークを二次元的に積層した模型地盤を用いた貫入実験を行い、拘束圧が地盤内に及ぼす影響を調べることができた、今後は、比較のために堅固な土粒子としてアルミ棒を用いた二次元可視化実験を行い、さらに垂直ひずみなどの解析結果、あるいはチョークの変位経路図などの検討と併せて具体的な変形機構および破碎機構を明らかにしたいと考えている。

5. 参考文献

- 1) 北村良介：破碎性土の力学特性と破碎性地盤の工学的諸問題，土と基礎，Vol.48, No.10, pp.3~6, 2000.

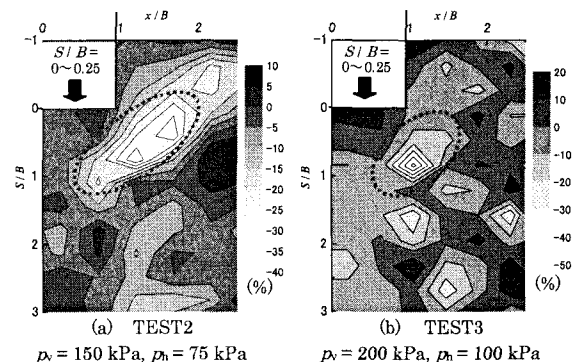


(a) TEST1 ($p_v = 50$ kPa, $p_h = 25$ kPa)



(b) TEST2 ($p_v = 150$ kPa, $p_h = 75$ kPa)

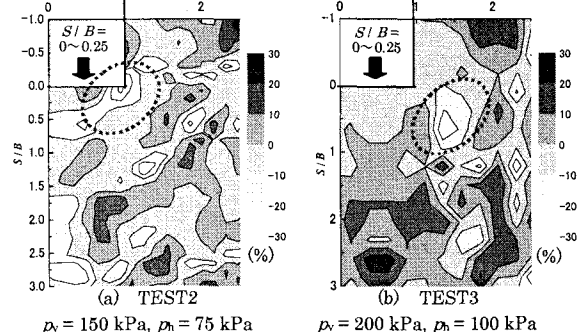
図-3 杭先端周辺のチョークの挙動



(a) TEST2 $p_v = 150$ kPa, $p_h = 75$ kPa

(b) TEST3 $p_v = 200$ kPa, $p_h = 100$ kPa

図-4 $S/B = 0 \sim 0.25$ におけるせん断ひずみ分布



(a) TEST2 $p_v = 150$ kPa, $p_h = 75$ kPa

(b) TEST3 $p_v = 200$ kPa, $p_h = 100$ kPa

図-5 $S/B = 0 \sim 0.25$ における体積ひずみ分布

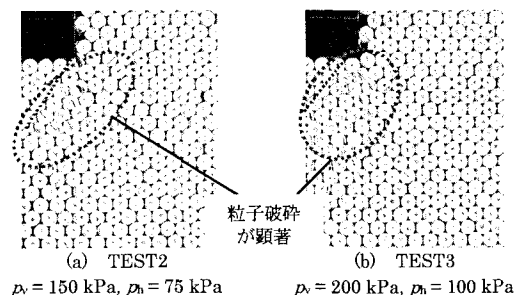


図-6 $S/B = 0.25$ (ピーク時)における杭先端周辺の粒子破碎状況