杭基礎先端形状の違いによる鉛直支持力メカニズムの解明

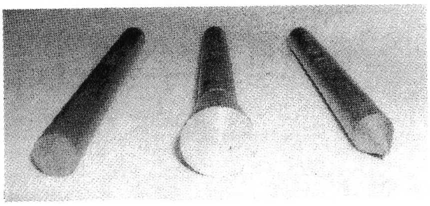
熊本大学大学院　　学生員　○弘中淳市
熊本大学工学部　　正会員　　大谷　順

1．はじめに

著者らは、昨年よりX線CTスキャナを用いて杭基礎の鉛直支持力メカニズムに関する研究を実施している[1)]。本論文では、この研究において特に杭基礎の先端形状の違いによる支持力メカニズムの解明を目的として、杭先端部形状の異なる杭を対象とした鉛直貫入実験を実施し、杭貫入に伴う地盤内部の挙動を可視化すると共に、それぞれの鉛直支持力メカニズムについて比較検討するものである。

2．実験概要[2)]

本実験では、豊浦標準砂（最小乾燥密度1.35t/m^3、最大乾燥密度1.62t/m^3）を使用した。杭基礎は図-1に示すように、(a)杭径が20mmの中実杭、(b)杭先端幅が30mmの拡底杭、および(c)杭先端角60°のコーン杭の3種類を対象とした。また杭材はX線の透過能力を考慮してアルミ材を用いた。図-2に実験装置を示す。高さ355mm、内径125mmの塩化ビニル製のモールド内に多重ふるいを用いて模型地盤を作成し、深い基礎を想定するため、地表面杭周辺に上載圧18.1kPaを加えた。また万能試験機を用いて杭頭載荷を行った。ここで杭の初期根入れ深さは100mm、地盤密度は乾燥密度1.61t/m^3（相対密度97%）とした。載荷速度は1mm/min.とし、中実杭に対しては貫入量5mm、10mm、20mm、また拡底杭、コーン杭に対しては貫入量10mmにおいて模型地盤をCT室に移動して撮影を行った。実験の詳細は参考文献2)を参照されたい。



(a) 中実　　(b) 拡底　　(c) コーン

図-1　杭形状

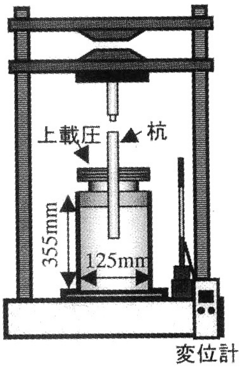


図-2　実験装置

3．結果および考察

図-3は実験で得らた3ケースの荷重 - 沈下曲線であり、図中の丸印は、X線CTスキャナを用いて非破壊検査を実施した点である。これを見ると、いずれもピーク強度は現れておらず、進行性破壊が起きていることを示している。10mm貫入までの荷重を比較すると、拡底杭はコーン杭の約3倍、中実杭の約2倍となっている。これより杭の極限先端抵抗は、杭先端の断面積に依存していることがわかる。図-4は、中実杭の杭貫入過程における支持力メカニズムについて貫入後から初期状態の画像を差し引きする画像間差分法を用いその変化領域に局所単純平滑化を施した3次元画像である。画像については黒色が相対密度98～100%の高密度、灰色が相対密度96%以下の低密度である。また、図-5は杭中心からの半断面についての密度分布図を3つのレベルで示したものである。

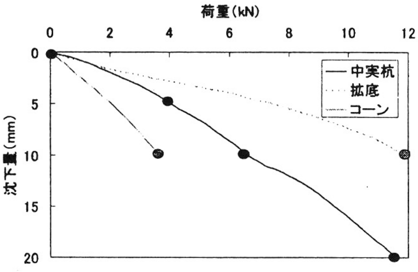


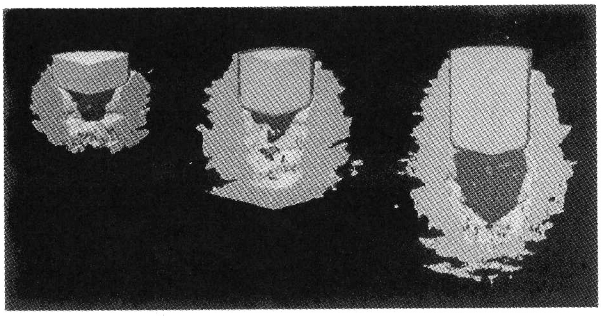
図-3 荷重 - 沈下曲線

これらを見ると、杭貫入に伴い、杭直下にくさび型の高密度領域が形成され、それを包み込むように球根状の低密度領域が形成されていることがわかる。くさび型の高密度領域は、10mm 貫入までは鉛直方向に進展していき、20mm 貫入ではその領域は水平方向のみへの広がりとなっている。逆に低密度領域は、10mm 貫入までは水平方向に広がり、その後 20mm 貫入時までは鉛直方向に進展してことが観察される。これより杭貫入に伴う支持力メカニズムは、一定のくさび型高密度領域が形成されると共にある一定の幅を持った球根状の低密度領域が周辺地盤を取り巻くと考えられ、すでに提案されている破壊メカニズムでは、この低密度領域までを含むものと考えればかなり類似しているといえる。図-6 は、拡底杭およびコーン杭について図-4 と同様の 3 次元画像を示したものである。拡底杭では、中実杭と類似のメカニズムではあるが、コーン杭では、杭先端がくさび型の高密度領域の働きをしているため、高密度領域は現れず周辺地盤を乱す低密度領域のみが形成されるメカニズムとなっている。

4．おわりに

本論では、杭基礎先端形状の違いによる支持力メカニズムについて考察した。今後の展開としては、異なる地盤密度や杭貫入速度による影響について考察していくと共に、これらのメカニズムによる 2 次元および 3 次元の支持力解析を行う予定である。

参考文献：1)弘中他「異なる杭基礎形状による鉛直支持力メカニズムの解明」、第 36 回地盤工学研究発表会、pp.232-345.2)弘中淳市「杭基礎の 3 次元支持力特性に関する研究」、平成 13 年度熊本大学修士論文.



(a)5mm-初期　(b)10mm-初期　(c)20mm-初期

図-4　3 次元画像

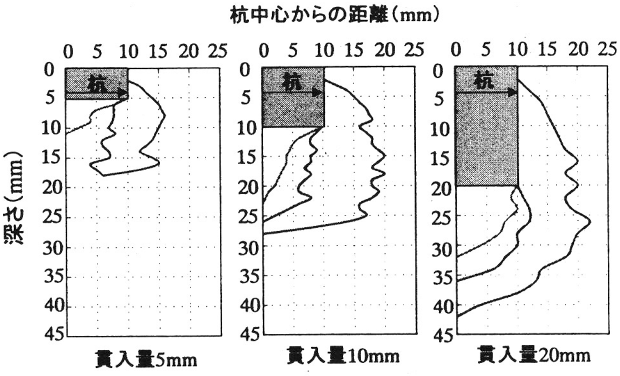
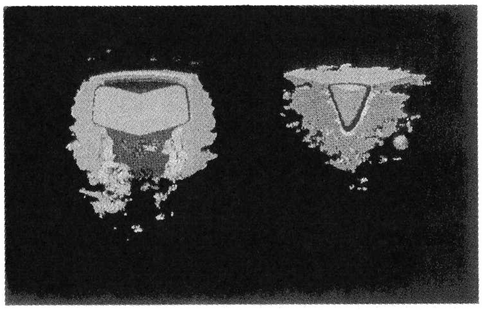


図-5　密度分布図



(a) 拡底杭　(b) コーン杭

図-6　3 次元画像