

節杭を用いたプレボーリング拡大根固め工法の根固め部に関する模型実験
(その8: 根固め部の破壊過程)

正会員 永井 雅*¹ 同 伊藤 淳志*³
同 石川 一真*² 同 小椋 仁志*⁴

埋込み杭 節杭 模型実験
根固め部 応力度 破壊過程

1. はじめに

前報^{1,2)}(同名論文(その1~7))では、根固め部を有する模型杭について、地盤内応力を再現できる加圧土槽を用いた載荷実験により、荷重-沈下量関係などについての検討結果を報告した。引き続き、模型杭を改良して実験を行ったので、その結果を報告する。

2. 実験概要

本実験に用いた実験装置は前報と同じであり、鋼管による土槽の寸法は 600×700mm である。模型節杭も寸法は前報と同じ(40-30mm(節部径-軸部径))であるが、一部の杭は図-1に示すように、内部に芯棒を通し、必要な個所にひずみゲージを貼付することによって、杭先端の荷重と杭周囲の荷重とを分離して測定できるようにしてある。

模型砂地盤は多重フルイ付き空中落下法によって、初期相対密度 D_{ri} が実験毎に一定になるように作成した。この地盤に、杭先端部の地中応力を再現するため、上載圧 p_v (600kN/m²) を鋼板を介してジャッキにより加えた。

表-1に、今回新たに行った実験(Eシリーズ)の種類を示す。前報の実験(A~Dシリーズ)では、杭沈下量が17mmになるまで載荷をしていたが、Eシリーズでは根固め部の破壊過程を観察するため、17mm未滿で載荷を終了するケースを設けた。使用した杭は節杭であり、根固め径を64mm、杭先端からの上長さを100mm、下長さを0mmとした。根固め部のモルタルには東北珪砂7号とベントナイトとを使用して、砂分が分離することを防いだ。

3. 根固め部の状況

図-2に実験終了後の根固め部のスケッチを示す。これらから根固め部にどのようにクラックが発達したかを見ることができる。

E-4のスケッチから、沈下量4mm未滿で根固め部先端に放射状クラックが発生することが分かる。根固め部側面の縦クラックは上方ほど細くなっており、クラックの幅は0.05~0.4mmであった。

これは、節の下面がテーパ状になっているために、載荷によって根固め部に内圧がかかり、内側から押し広げられたためと考えられる。よって、この状況を『割裂

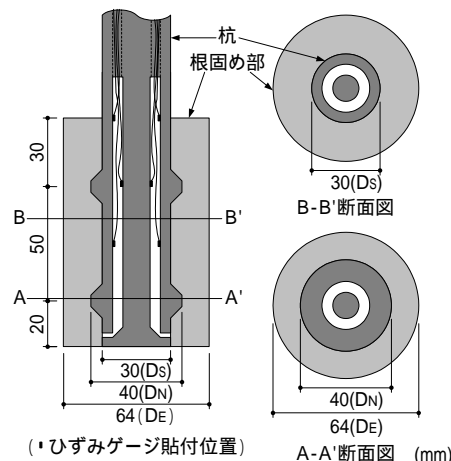


図-1 模型杭断面図

表-1 実験種類

実験NO.	載荷終了沈下量 (mm)	モルタル強度		地盤の相対密度	
		一軸圧縮強度 F_c (N/mm ²)	割裂引張強度 F_t (N/mm ²)	加圧前相対密度 D_{ri} (%)	加圧後相対密度 D_{rc} (%)
E-4	4	13.1	1.7	89.7	95.2
E-9	9	14.5	1.8	88.9	94.1
E-17	17	13.1	1.6	94.1	98.5

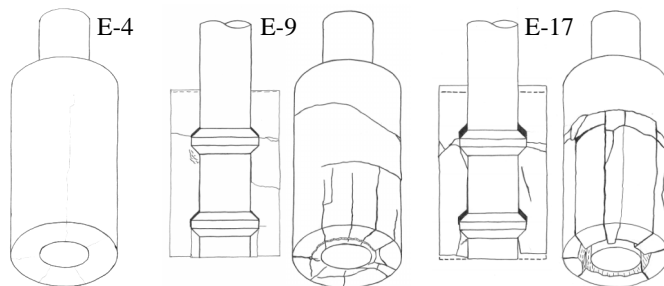


図-2 根固め部の状況

『破壊の初期状態』と呼ぶこととする。

次に、E-9では下側の節(以下、下節と表記)直下の根固め部の一部が、円筒状に押し抜かれていた。この状況を『下節によるせん断破壊』と呼ぶこととする。また、上下の節直下では根固め部の『圧縮破壊』が始まっていた。

E-17では、根固め部は縦クラックにより分割されており完全に『割裂破壊』していた。また、節直下の『圧縮破壊』も進行し、節上部の空洞が大きくなっていた。

4. 根固め部の応力状態

E-17 の実験において、ひずみゲージの値より杭本体のみの剛性を用いて軸力を算出し、図-3(a)に示すように上節を含む区間が負担する抵抗 P_{NU} 、下節を含む区間が負担する抵抗 P_{NL} 、先端が負担する抵抗 P_P を求めた。さらに、杭の円筒部については、断面が平面を保持するものと仮定して、根固め部の剛性をも考慮した上節および下節の区間抵抗 P_{NUE} および P_{NLE} も求めた。このようにして求めた抵抗を、図-4に杭沈下量 S との関係で示す。

抵抗の合計 ($P_{NU} + P_{NL} + P_P$ および $P_{NUE} + P_{NLE} + P_P$) とロードセルで計測した杭頭荷重 P_O との関係より、載荷初期は杭本体と根固め部が一体となっていたが、 $S = 3.5$ mm において杭本体から根固め部が分離し、円筒部の平面保持仮定が成り立たなくなったことが推測できる。

そこで、 P_{NU} および P_{NL} を節下面の支圧抵抗と考え、図-3(b)および(c)に示すような支圧面およびせん断面を想定して、圧縮応力度 C_U 、 C_L およびせん断応力度 U 、 L を算出し、 S との関係で図5および図6に示した。両図とも、 S が 10 mm 以下においては、下節下部の応力度が大きいことが分かる。

5. 破壊過程の検討

図-4~6より、載荷開始直後から P_{NL} が増加し、 $S = 5$ mm 程度で P_{NL} が頭打ちになった後は P_{NU} が増加すること、また P_P は沈下量に関わらずほぼ一定の割合で増加していること、さらに $S = 15$ mm 付近で P_{NU} が減少に転じた後は杭頭荷重 P_O の増加が衰えることが分かる。

この際、下節によって根固め部先端付近に発生する円周方向の引張応力度が増加し、E-4 で観察されたように、割裂破壊が始まったと考えられる。

その後、下節の支圧による圧縮応力度 C_L およびせん断応力度 L が増加するが、 $S = 5$ mm 付近でピークになっている。これは、E-9 で観察されたように、下節による圧縮破壊とせん断破壊とが発生したためと考えられる。

そして、 $S = 10$ mm 以降においては、上節下面の圧縮破壊とともに割裂破壊も進行して、E-17 で観察された破壊状況へ推移したものと考えられる。

おわりに

杭沈下量 17 mm 未満で載荷を終了したこと、および改良した模型杭を使用したことにより、根固め部の破壊過程について検討した。最後に、本実験を行うに当たり多大なご協力をいただいた関西大学学部卒業生の梅野諒氏、運天亮太氏、倉原雄也氏に謝意を表す。

【参考文献】

- 1.2) 永井雅, 石川一真, 伊藤淳志, 小椋仁志: 節杭を用いたプレボーリング拡大根固め工法の根固め部に関する模型実験(その6), (その7), 日本建築学会大会講演梗概集, pp.595-598, 2010.9 ほか

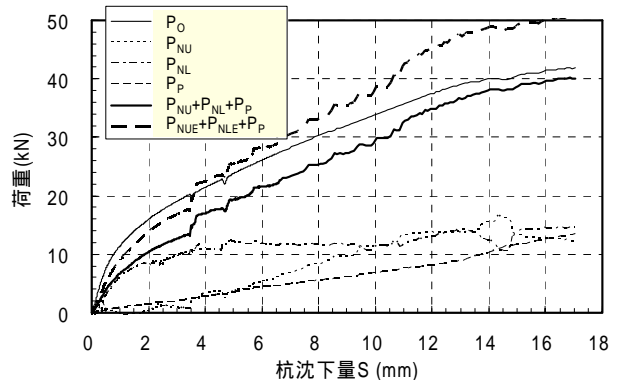
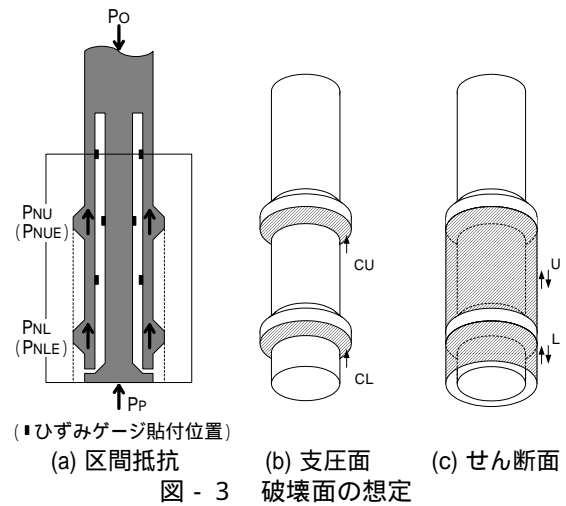


図-4 荷重-沈下量関係

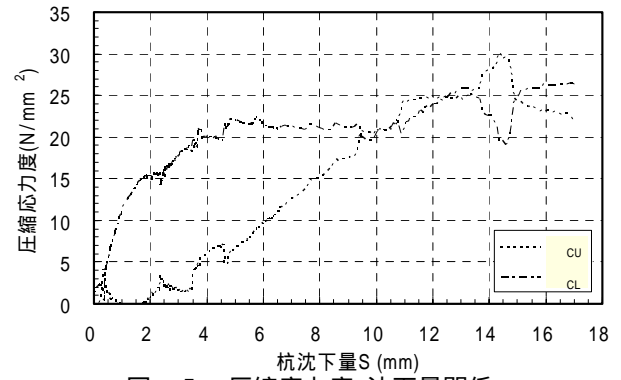


図-5 圧縮応力度-沈下量関係

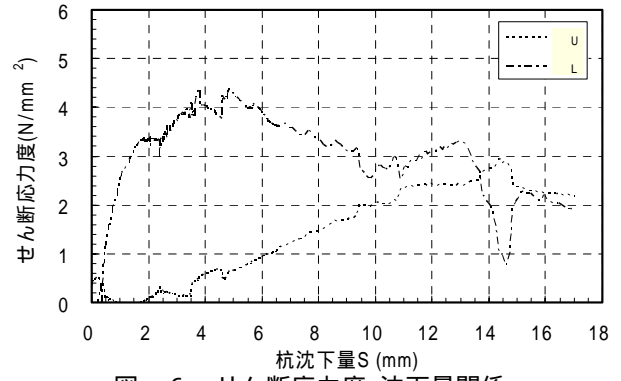


図-6 せん断応力度-沈下量関係

*1 関西大学大学院

*2 関西大学大学院 ジャパンパイル(株)

*3 関西大学 准教授・博士(工学)

*4 ジャパンパイル(株)・工博

Graduate School, Kansai Univ.

Graduate School, Kansai Univ. JAPAN PILE CORPORATION

Assoc. Prof., Kansai Univ., Dr. Eng.

JAPAN PILE CORPORATION, Dr. Eng.