

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 3 : 根固め部の状況と先端面の支持力)

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

埋込み杭 節杭 模型実験
根固め部 先端支持力 破壊モード

1. はじめに

本報では、同名論文(その1)、(その2)の結果をもとに、Bシリーズ実験での先端面の支持力について考察する。文中の実験 No.は(その1)の表-2を参照されたい。

2. 先端面の支持力の検討

杭頭荷重 P_o から(その2)で極限周面摩擦力とした第一限界抵抗力を差し引いた値を、先端面の抵抗 P_p とした。同様に先端沈下量 S_p として、杭頭沈下量 S_o から第一限界抵抗力時の沈下量を差し引いた値を用いた。図-1に、 P_p-S_p 関係を示す。また、図-2に P_p を根固め部の底面積 A_e で除した先端面の支持力度 P_p/A_e と、先端沈下量を根固め径 D_e で除した S_p/D_e の関係を示す。これらの図から、以下のことが分かる。

- ① $P_p/A_e-S_p/D_e$ 関係で S_p/D_e が 0.18 を超えると、実験 No.B-3-3 などでは、一時的に P_p/A_e が減少し、その後増加している所が数点見られる。これは根固め部にひび割れが入った点と推測され、次節で詳細な検討を加える。
- ② 実験パラメータが基本形の No.B-3-2・B-3-3 に対して根固め部径(基本形は 64mm)を小さくした B-6(53mm)と B-7(42.5mm)を比較すると、底面積の小さいものほど P_p は小さい。しかし、 P_p/A_e でみると、ほぼ同じ値になっており、 P_p は A_e に比例することが確認できる。
- ③ 根固め部の杭先端からの上方長さ L_u を基本形(100mm)に対して 150mm と長くした B-9 をみると、 P_p/A_e が基本形より大きくなっている。B-9 は根固め部に節部を3個含んでおり((その1)の図-2)、最上段の節部も先端面の支持力度に何らかの影響を与えたものと推測される。
- ④ 根固め部の杭先端からの下方長さ L_d が 0 の基本形と 25mm の B-8 とを比べると、B-8 の方が P_p/A_e が大きい。木谷ら¹⁾も同様な傾向を報告している。ただし、(その2)で述べたように B-8 と B-9 の f_u は基本形より小さくなっていた。 f_u は極限周面摩擦力として第一限界抵抗力を採用して算定したが、その精度は高いとはいえない。これらの f_u が基本形と同等であったとすると、B-8 の P_p/A_e は基本形とほぼ同じ値になる。(L_u が大きい B-9 は、 f_u を基本形と同等としても、 P_p/A_e は大きくなっている)。

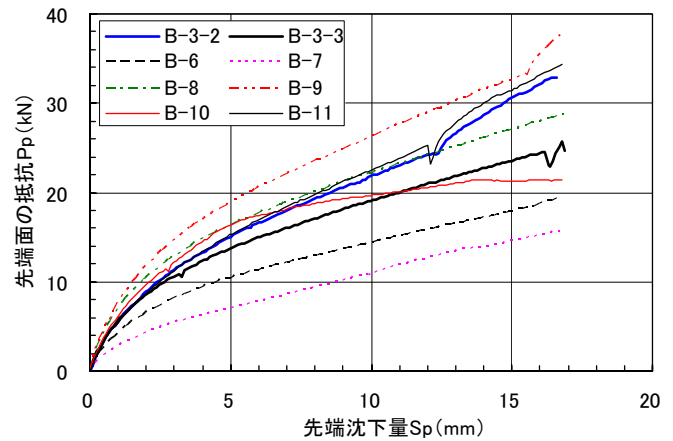


図-1 Pp-Sp 関係

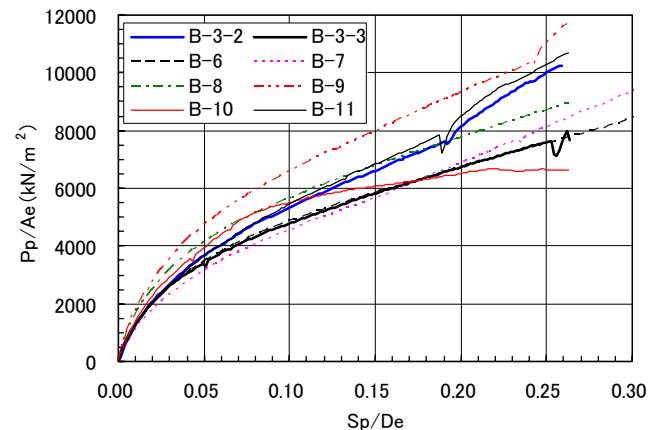


図-2 Pp/Ae-Sp/De 関係

- ⑤ 上載圧を基本形の 600kN/m^2 に対して $2/3$ の 400kN/m^2 とした B-11 をみると、基本形とほとんど差が生じていない。今回の実験では上載圧が比較的大きかったこともあって、 P_p/A_e にはあまり影響しなかったものと思われる。
- ⑥ 根固め部の強度が約 20N/mm^2 の基本形に対して、 5N/mm^2 と小さくした B-10 の $P_p/A_e-S_p/D_e$ 曲線をみると、載荷初期では基本形と同じ曲線になっているが、 $S_p/D_e=0.1$ を過ぎると P_p/A_e があまり増加しなくなる。後述するように、 $S_p/D_e=0.04$ 付近でひび割れが入ったものと推測される。ただし、 P_p/A_e の減少は見られない。

Model Tests on Enlarged Base of Pre-boring and Grouting Method with Nodular Pile
(Part3. Pile End Capacity and Fracture Mode of Enlarged Base)

ISHIKAWA Kazuma, ITO Atsushi, NAGAI Masaru, OGURA Hitoshi and NAKANO Keita

3. 根固め部の破壊状況

実験終了後に掘り出して観察した根固め部の破壊状況の例を図-3に示す。B-3-3(基本形)では根固め部底面に杭から放射状にひび割れが入り、側面につながっている。側面のひび割れ幅は上部方が狭くなる。B-9(上方長さが150mm)もこれと同様な状況であった。B-3-2(基本形)では、ひび割れがさらに進み、上側の節の部分で円周方向にひび割れが入り、A部が外れた。B-11(上載圧が基本形の2/3)の破壊状況も同様だった。B-10(根固め部強度が基本形の1/4)は、A部から下側の節部下方のB部が分離し、上側節部位置で円周方向に破断し、それより上のC部が10mm上方へずれていた。また、B-7(根固め径が小さい)は、側面のひび割れは下側の節部より上方には達していないが、下側の節部分での円周方向ひび割れによりD部が外れた。なお、B-6(根固め径が小さい)とB-8(下方長さが25mm)には、ひび割れはみられなかった。

4. ひび割れ発生時の検討

いつ根固め部にひび割れが発生し壊れるかを検討するため、先端面の荷重の増加割合 $R=(Pp/Ae)/(Sp/De)$ と Sp/De との関係を図-4に描いた。B-3-2(基本形)の場合、 Sp/De が0.19の時に R が一時的に小さくなるが、その後は以前より大きい値となっている。この現象が、ひび割れが入った時の特徴と考えられる。すなわち、杭に荷重すると主に節部下面から根固め部に荷重が伝達される。その際、節部下面のテーパのために生じるフープテンションによってひび割れが発生する。その結果、杭は根固め部を割り裂く様に沈下する。これが R の一時的な減少となって表れる。その後、節部が根固め部を押し広げるために底面積が大きくなる結果、 R が大きくなるものと思われる。

$R-Sp/De$ 関係に前述の現象が表れ、根固め部にひび割れが入ったと推測されるのは、B-3-2とB-11では $Sp/De=0.19$ のところ、B-9では0.24のところである。これから、根固め部の強度がある程度確保されていれば、実用上問題になる $Sp < 0.1De$ の範囲ではひび割れは生じていないことが分かる。また、ひび割れ後に支持力が喪失することではなく、むしろ増加していくことも確認できた。これは、根固め部が壊れても、周囲の地盤によって根固め部が拘束されているためと推測される。

これに対して根固め強度が非常に小さいB-10は、 $Sp/De=0.04$ のところでひび割れが入ったものと考えられる。ただし、 $Sp/De=0.1$ までは基本形と同程度の Pp/Ae となっており、その後も Pp/Ae の減少は見られない。

B-3-3の $Sp/De=0.05$ 付近などの R の減少は、その後に変化が無いこと等からひび割れではないと判断される。

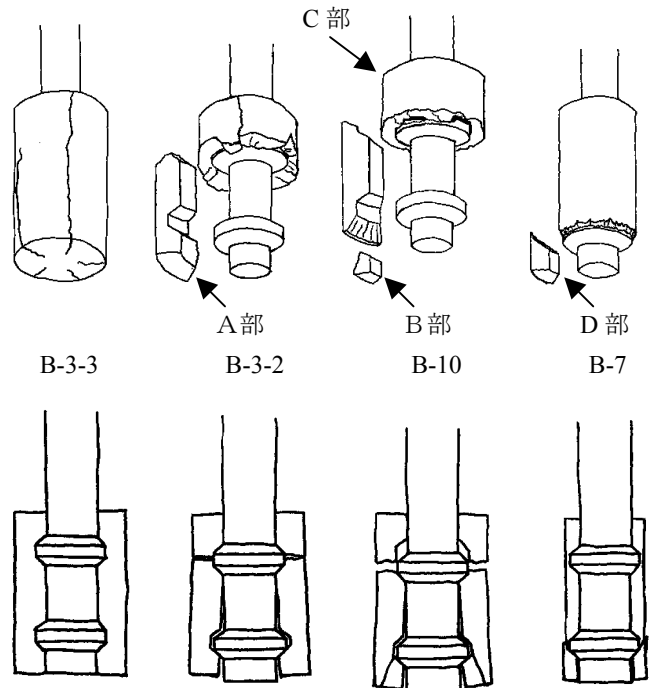


図-3 根固め部破壊状況

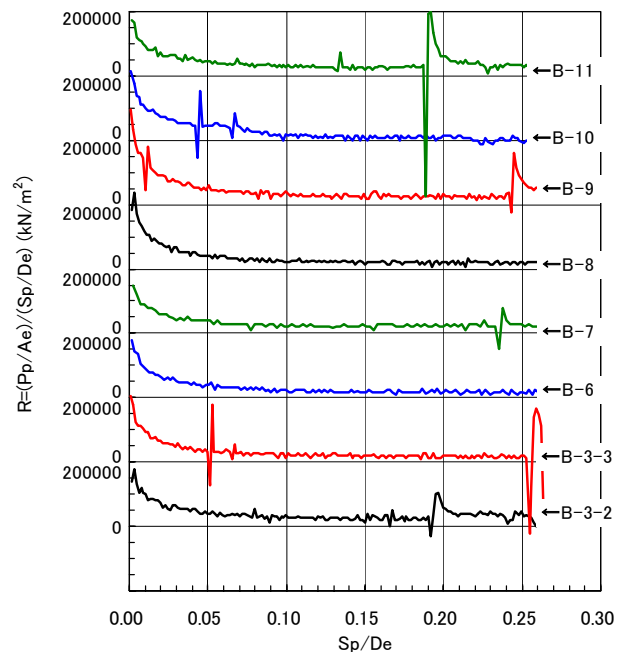


図-4 R-Sp/De 関係

4. おわりに

本報を含む3編の報文で、節杭を用いた埋込み杭の根固め部の挙動や各パラメータによる違いについて検討した。模型実験でもあり諸現象の定量的な把握は難しかったが、定性的にはある程度のことは把握できた。今後も、パラメータ等を追加して、さらに検討を加えていきたい。
参考文献 1) (その1)の文献2)と同じ。

*1 ジャパンパイル(株)
*2 関西大学大学院
*3 関西大学 准教授・工博
*4 ジャパンパイル(株)・工博

JAPAN PILE CORPORATION
Graduate School, Kansai Univ.
Assoc. Prof., Kansai Univ., Dr. Eng.
JAPAN PILE CORPORATION, Dr. Eng.