

機械式根固め鋼管杭の先端支持力

拡大根固め杭 鋼管杭 FEM 解析
支持力 載荷試験

正会員 ○元木 卓也¹⁾ 同 脇屋 泰士¹⁾
沖 健¹⁾ 森本 宣弘²⁾
沼田 博昭³⁾ 山本 陽一⁴⁾

1. はじめに

中掘拡大根固め工法における根固めの球根の築造にはセメントミルクを高圧で噴射する方法と機械的に拡翼する特殊ビットを用い、低圧でセメントミルクを吐出しながら混合攪拌を行う方法が実用化¹⁾されている。これらの工法ではいずれも根固め球根築造後に杭体内にセメントミルクを充填し、杭の閉塞性を高めており、杭の先端部は杭材とセメントミルクとの合成構造となっている。したがって、杭先端伝達軸力を求めるためには、その合成特性を適切に評価する必要がある。本論では根固め鋼管杭の先端支持力を評価する方法について検討するとともに、機械式ビットを用いて施工を行った9ケースの載荷試験結果について報告を行うものである。

2. 根固め施工方法

根固め球根の形状を図-1に示す。根固め径は1000mmで、高さは拡大部分が1600mmで先端に620mmの突起部がある。鋼管杭の先端は根固め内部に200mmほど挿入され、1.0mほどセメントミルクが充填されている。また、管内にはφ13mmの支圧リングを3段取り付けている。根固め部の施工方法は図-2に示すように②の拡大掘削後、③→⑥で2往復の混合攪拌を行う。最後に管内にセメントミルクを充填して根固めを完了する。拡大ヘッドの移動速度は70cm/分

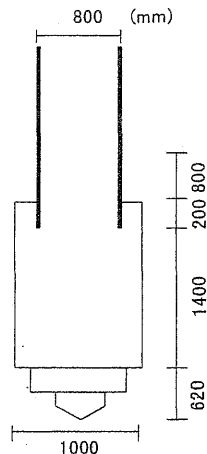
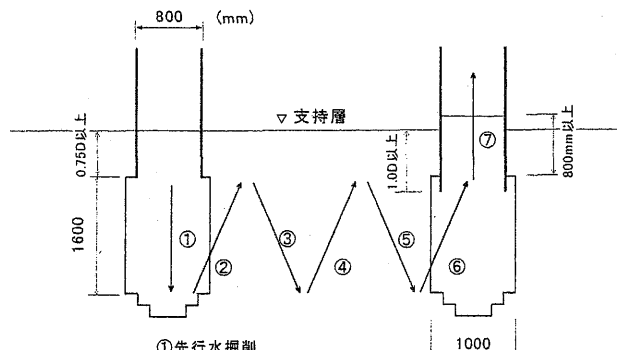


図-1 根固め形状



①先行水掘削
②拡大掘削、セメントミルク注入開始
③~⑥攪拌・混合工程、セメントミルク連続吐出
⑦管内セメントミルク注入
図-2 根固め施工手順

以下であり、また、セメントミルクは W/C=60%のものを用い、注入量は球根体積の100%分である。

3. 先端伝達軸力の評価方法

根固め部の杭先端軸力の評価については、鋼管と管内のコンクリートとの合成効果を考慮した。仮に鋼管杭と管内コンクリートが完全に一体化され外縁から中心部まで等しいひずみ分布を持つと仮定した場合には、その合成軸力は式(1)により求められる。

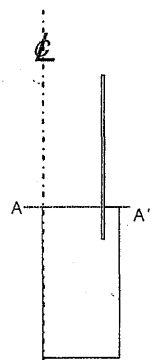
$$P_p = E_s A_s \times \epsilon_p + E_c A_c \times \epsilon_p \quad (1)$$

ここに、 P_p :杭先端軸力(tf)、 ϵ_p :杭先端ひずみ、 E_s :鋼管杭弾性係数(tf/m²)、 A_s :鋼管杭実断面積(m²)、 E_c :管内コンクリート弾性係数(tf/m²)、 A_c :鋼管杭閉鎖断面積(m²)

しかし、上部からの荷重は外側の鋼管から管内のコンクリートに伝達するため、外縁部から中心に向かってひずみは一樣ではなく、また実際の状態では、その弾性係数にもバラツキを有することから、(1)式をそのまま用いたのでは軸力を過大評価することになると考えられる。したがって、管内のコンクリートの剛性を補正する目的で、有効断面係数 η を導入し、式(2)により先端伝達荷重を求めるものとした。

$$P_p = E_s A_s \times \epsilon_p + \eta E_c A_c \times \epsilon_p \quad (2)$$

図-3に示す諸元を用いて、FEM解析により杭先端部における円周方向のひずみ分布を算定した。荷重800tfの時の図-3中A-A'断面のひずみ分布を図-4に示す。鋼管外縁部から中心に向かい、ひずみは小さくなり、この結果を用いて η を逆算すると $\eta=0.883$ を得た。



杭径 D=800mm、板厚 t=20mm
根固め径 D₀=1000mm
管内付着長 L_c=1.0D
圧縮強度 $\sigma_c=200\text{kgf/cm}^2$
コンクリートの弾性係数
 $E_c=2.0 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$
鋼管の弾性係数
 $E_s=2.1 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$

4. 載荷試験結果

中掘鋼管杭の載荷試験9例について、上記検討を踏まえ、軸力算定には安全側の評価となるよう $\eta=0.5$ を使用して計算した結果を表-1に示す。管内コンクリートの弾性係数については載荷試験後、コアを採取し圧縮試験により求めたものを適用している。その結果を図-5に示す。図-3 FEM 諸元圧縮強度は 205.3 ~ 647.0 kgf/cm²、弾性係数は 0.89 ~ 2.66 × 10⁵ kgf/cm² の間に分布している。先端伝達軸力の算定結果の一例として表-1中の①の軸力分布を

The pile capacity of tip protection steel pipe pile

MOTOKI Takuya, WAKIYA Yasushi, OKI Takeshi, MORIMOTO Nobuhiro, NUMATA Hiroaki, YAMAMOTO Yoischi

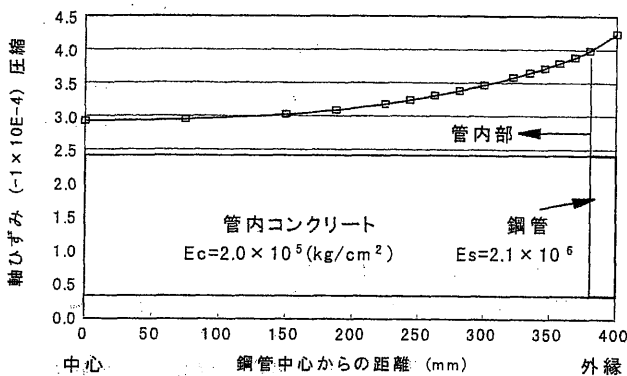


図-4 杭先端部ひずみ分布

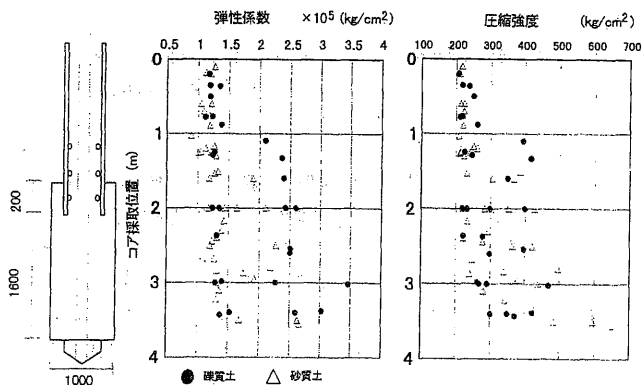


図-5 根固め部弾性係数および圧縮強度

図-6に示す。図中には η を0, 0.5, 1.0として計算したものを示している。実際に η を1.0として評価した場合には軸力分布から見ても過大評価となり、0.5程度を用いれば適当であることがわかる。

$\eta=0.5$ として計算した杭先端部の沈下特性を図-7に示す。図中には先端荷重が $P_p=25N_{Ap}$ の時の杭先端沈下率を○で示している。杭先端沈下率が0.1の時の荷重度はほぼ全てのケースで1500tf/m²以上となっており、機械式拡大ヘッドを用いて施工した中掘鋼管杭は十分な支持力を有していることが明らかである。

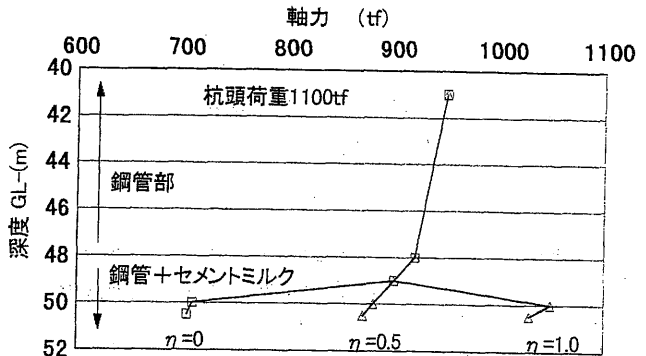


図-6 杭先端軸力分布

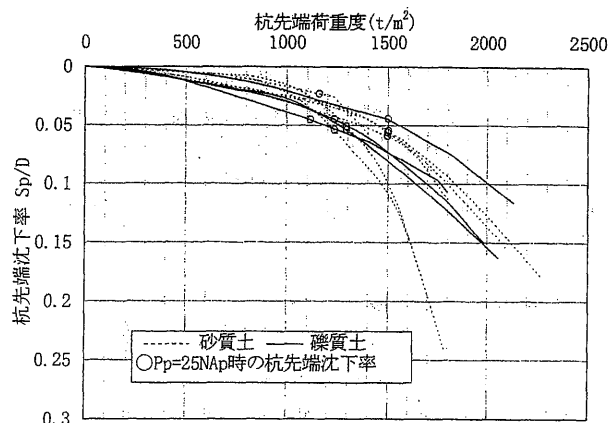


図-7 杭先端沈下特性

5. まとめ

本論では、根固め鋼管杭の先端支持力の評価方法について検討を行い、機械式拡大ヘッドを用いて施工した中掘鋼管杭の載荷試験結果について報告を行った。安全側の評価となるように $\eta=0.5$ として先端支持力を算定したが、先端支持力係数 α は25以上が確保されており、十分な支持力が得られていることが確認された。

6. 参考文献

1) 和田克哉、森川久、高野晴夫、松井謙二：施工法の違いによる中掘り工法大口径PC杭の支持力、土と基礎、Vol. 28, No. 11, pp. 27~34, 1980

表-1 載荷試験結果一覧表

No.	杭種		土質名	杭先端平均N値	試験最大荷重 (tf)	杭頭		杭先端			杭先端支持力係数 α
	杭径 (mm)	杭長 (m)				最大荷重時		沈下量 = 0.1D時の荷重 (tf)	最大荷重時		
						荷重 (tf)	沈下量 (mm)		荷重 (tf)	沈下量 (mm)	
①	800	52.0	砂質土	49.3	1100	1100	248.0	730	900	194.6	29.5
②	800	52.0	砂質土	49.3	1100	1100	221.4	750	870	168.3	30.3
③	800	20.5	礫質土	44.6	1100	1100	101.1	880	905	85.5	39.3
④	800	25.0	砂質土	62.7	1000	1000	112.3	880	908	91.8	27.9
⑤	800	65.0	礫質土	51.6	1300	1300	196.8	835	1034	130.3	32.2
⑥	800	65.0	礫質土	51.6	1300	1300	185.0	860	997	119.8	33.2
⑦	800	50.0	礫質土	66.4	1500	1500	153.3	1020	1072	92.7	30.4
⑧	800	66.0	砂質土	67.6	1300	1300	212.9	930	1140	142.7	27.4
⑨	800	66.0	砂質土	67.4	1300	1300	191.1	910	1052	122.5	26.8

*1 川崎製鉄(株)

*2 川鉄テクノコンストラクション(株)

*3 ノザキ建工(株)

*4 (株)ジオトップ

Kawasaki Steel Corp.

Kawatetsu Techno Construction Co. Ltd.

Nozaki Kenko Co. Ltd.

Geotop Corp.