

III-221 ソイルセメント柱列杭のH形鋼芯材の引抜きについて

中 部 電 力 協 正 会 員 滝 英 治
 中 部 電 力 協 正 会 員 西 野 健 三
 協 鴻 池 組 正 会 員 ○ 高 原 正 人
 協 鴻 池 組 那 須 進

1. はじめに

シールド工事用立坑の構築など、市街地での大規模掘削工事において、H形鋼を芯材とするソイルセメント柱列杭は、良く用いられている。一方、シールド工事においては、シールドの発進および到達の際に、土留壁中の鋼材が著しい支障となる。このため通常は、新たに立坑周辺を薬液注入などで防護して、この鋼材を含めた土留壁を撤去している。そこで本工事で、こうした防護を省略するために、鋼材の引抜きを計画した。以下に計画の概要と引抜きの結果を報告する。

2. 引抜きの設計

本工事のシールド工事用立坑の土留壁の概要を図-1に示す。

柱列杭のソイルセメント設計強度は 50 kgf/cm^2 として計画した。コンクリートと鉄筋との付着応力度を参考にして、ソイルセメントと鋼材との付着応力度を 40 tf/m^2 と仮定した。柱列杭の芯材はH形鋼 $450 \times 200 \times 9 \times 14$ 、 $L=18 \text{ m}$ を使用しているため、芯材の付着面積は、 $(0.45 \times 2 + 0.2 \times 4) \times 18 = 30.6 \text{ m}^2$ となる。芯材1本当りの総付着力は、 $40 \text{ tf/m}^2 \times 30.6 = 1200 \text{ t}$ と仮定され、芯材の引張破断力の4倍程度の値となるため、引抜きは不可能となる。よって本工事で、芯材建込み時に芯材全面に縁切材（発砲材、厚さ 1 cm ）を貼り付けて、ソイルセメントと芯材との付着力を低減し、引抜き時には、縁切材が滑動面を作り、芯材の引張破断力よりも少い荷重で引抜けるよう計画した（図-2参照）。

（1） 縁切材の強度特性

縁切材は、芯材を建込んだ時に、柱列杭先端部での側圧に耐えるものでなければならないが、引抜き時には、滑動面を作るため必要以上の強度があると、引抜きが困難となる。そこで、圧縮強度 30 tf/m^2 、せん断強度 25 tf/m^2 のものを用意した（表-1参照）。縁切材の接着は、アルコール系有機溶剤を使用した。

（2） 引抜き力の算定

芯材引抜き時に、引抜きに抵抗する力は主に芯材と縁切材との摩擦力である。引抜き荷重を芯材上端部に作用させると、荷重が少いうちは、芯材の上部のみで抵抗し、芯材の変位、摩擦力は下部まで伝わらない。荷重が増加するにつれて、上部の摩擦力のみでは抵抗しきれなくなり、芯材の変位が下部へも伝わっていき、摩擦力も芯材全体に作用するようになる。やがて引抜き荷重が全体の摩擦力を越えると、突然変位が増加し芯材が引抜かれると考えられる。また引抜き時には、芯材と縁切材の接着面で、縁切材

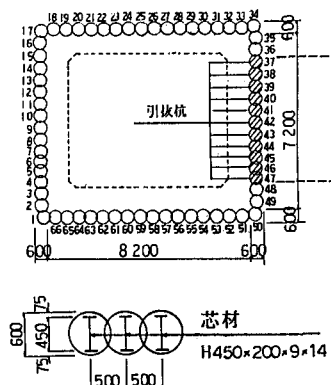


図-1 土留壁概要

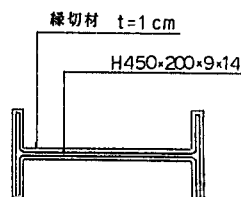


図-2 縁切材の貼付け

表-1 縁切材の強度特性

項目	単位	数量
圧縮強さ	kgf/cm ²	3.0
曲げ強さ	kgf/cm ²	3.5
せん断強さ	kgf/cm ²	2.5
加熱変形温度	℃	80
単位体積重量	kg/m ³	28.5

が、せん断破壊を起し、引抜きに抵抗すると考えられるため、接着面積は極力少ないほうが良い。施工においては、芯材1本当り2㎡未満とした。従って引抜き荷重は、接着した部分の縁切材のせん断抵抗力およびその他の部分の芯材と縁切材との摩擦抵抗力の合力として $25\text{ t}/\text{㎡} \times 2\text{ ㎡} + (30.6 - 2)\text{ ㎡} \times 5\text{ t}/\text{㎡} = 190\text{ t}$ と想定した。なお、芯材と縁切材との摩擦力は従来の引抜きの施工例を考慮して $5\text{ t}/\text{㎡}$ と仮定した。

3. 試験結果

芯材の引抜き試験に先行して、ソイルセメントの圧縮強度試験を実施した。平均強度は $84\text{ kgf}/\text{cm}^2$ であった（表-2参照）。

引抜き試験は、引抜き予定の杭11本のうち、試験的に3本（杭No.39、40、41）を油圧ジャッキを用いて引抜き、引抜きに必要な荷重と深さ別の芯材の変位量を調べた。

（1） 引抜き荷重

引抜き荷重の測定は、各杭とも2回づつ行い、1回目で2cm程度引抜き、一旦載荷を止め、更に2回目で5cm程度引抜いた。引抜き荷重は、1回目が平均138t、2回目が平均116tであった（表-3参照）。1回目と2回目の引抜き荷重の差が平均22t生じた理由は、次のような事柄が考えられる。①芯材と縁切材との接着面の縁が切れた。②ソイルセメントが部分破壊を起こした。③芯材の曲り、ひねりによる抵抗が減少した。以上の理由から2回目の引抜きに抵抗する力は、主に芯材と縁切材との摩擦力と考えられる。1回目の平均138tを芯材総面積 30.6 ㎡ で割ると $138 \div 30.6\text{ ㎡} = 4.5\text{ tf}/\text{㎡}$ となる。

（2） 引抜き時の芯材の変位

芯材の変位量の測定を行なった時点は、①GL+1.5m、②GL-4.0m、③GL-7.2m、④GL-13.2mの4点である（図-3参照）。図-4は杭No.39の変位量の測定結果であるが、芯材の変位量と荷重は、ほぼ比例関係にあり、引抜き荷重に達すると突然変位が増加することがわかる。また、上部ほど変位量が大きく上から下へ向かって縁切が進んでいる傾向が見られる。

4. おわりに

今回の引抜き試験では、縁切材に発砲材を用いて、比較的少い値で芯材を引抜くことができた。同種工事での芯材の引抜きを計画する上での参考資料となるであろう。本工事では、引抜き能力150tの杭抜機で、全11本を支障なく引抜いた。これは縁切材の選定、接着面積、セメントミルクの配合、芯材の垂直精度などの計画検討と、実際の工事における施工管理の成果であると考えられる。芯材の引抜き荷重は極力少ないことが望ましく、芯材と縁切材の間にグリースを塗布する等、施工方法を改良していけば、より少い荷重で引抜くことが十分考えられる。

参考文献

- 1) 夏目、滝、高原、那須；“ソイルセメント柱列杭による立坑工事”、土木学会中部支部研究発表会講演概要集V-5、昭和63年3月

表-2 ソイルセメントの圧縮強度

No.	1	2	3	4	5
深 度 m	2.0	6.0	9.0	12.0	15.0
圧縮強度 kgf/cm ²	97.8	107.1	91.0	57.9	66.8

表-3 引抜き荷重

	No. 39 (t)	No. 40 (t)	No. 41 (t)	平均 (t)
1回目	123	141	150	138
2回目	101	119	128	116

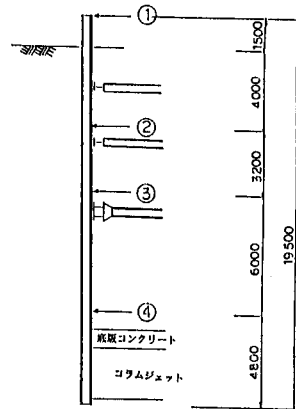


図-3 変位量測定位置

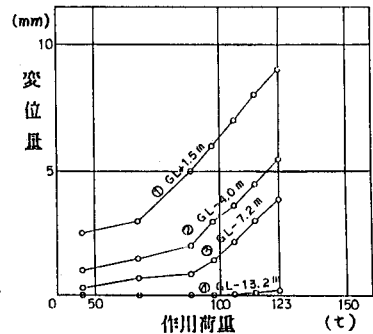


図-4 芯材変位量（杭No.39）