防雪柵の小口径鋼管杭に関する摩擦特性に関する現場実験

㈱砂子組　正会員　○田中　孝宏
㈱砂子組　正会員　塩田　佑樹
㈱砂子組　正会員　好川　敏
㈱砂子組　非会員　男澤　真樹
㈱砂子組　正会員　佐藤　昌志

１．目的

防雪柵の設計は一般的には設置地域の積雪および風向風速を調査した後，風荷重に対して抵抗できるよう基礎の設計を行うが小口径鋼管タイプの杭とコンクリートブロックの混合構造となっている．設計の際に重要な要素となるのが鋼管杭の支持力の算定で，特に北海道の場合は軟弱地盤が多いことから摩擦杭として設計される中で摩擦を的確に求める必要がある．このことから，例が非常に少ない鋼管を引き抜く実験を行い鋼管杭に貼ったひずみゲージをもとに摩擦力を求めることを試みた．

２．基礎の設計と実験方法

今回，試験を行った防雪柵の概要を図-1 に示した．鋼管杭は 3m と 5m で併せて地質柱状図を図の左側に示した．柱状図に示したとおり N 値は 10 以下で薄い砂礫層が介在しているがほとんどの部分は粘土で支持層，すなわち先端支持も粘土である．5m の杭もほぼ同じ土層である．この様な地盤に対して図-2 には杭の摩擦設計方法を示した．

図-2 において fi と N 値の関係が本論文で考察した事項である．

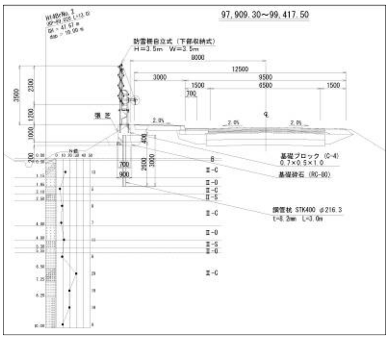

図-1 標準断面図

l_i ： 周面摩擦力を考慮する層の層厚 (m)
f_i ： 周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度 (kN/m^2(tf/m^2))
（砂質土）　$f_i = 2\beta Ns(1/5 \cdot \beta Ns)$
（粘性土）　$f_i = 10\beta Nc(\beta Nc)$　（Nc ; N値の場合）
　　　　　　$f_i = \beta Nc$　（Nc ; 粘着力 c の場合）
※ N≦2の軟弱層では信頼性が乏しいので原則として周面摩擦抵抗を考慮しない。
Ns ： 砂質土のN値で、50を上回る場合は50とする。
Nc ： 粘性土のN値または粘着力 c で、150kN/m2(15tf/m2)を上回る場合は150kN/m2(15tf/m2)とする。

図-2　摩擦杭計算方法

３．実験方法と計測

試験は，試験杭と重機間にワイヤーロープ等を介して，チェーンブロックおよび荷重計を取付け，荷重調整を行いながら試験を実施した．写真-1 は実験時のものである（引き抜き試験）．測定項目は荷重，変位量および杭打設前に杭頭部から杭先端部まで 500mm ピッチに貼ったひずみゲージで万能デジタル測定器により計測した．

載荷方法は一方向載荷，1 サイクルでチェーンブロックにより荷重調整し 30 kN（設計での許容鉛直支持力程度）まで引っ張った．

写真-1　実験状況

４．実験結果と考察

4.1　3m 杭の摩擦力

図-4-1 は 50cm ピッチで 7 点鋼管杭に貼り付けたひずみゲージから求めた軸力である．軸力は鋼管杭の断面積に ε と弾性係数 E および断面積を掛けて求めている．図中 0m 付近で軸力が急激に低下している理由は，鋼管杭上部から 70cm コンクリートを充填していることから鋼管とコンクリートの完全合成構造になっているからと推察される．内径 20cm のコンクリートの断面積は 314cm2 あることから 16μ ストレインで考えると 314×15×2=9,000kgf となり 24kN（鋼管）＋9kN（コンクリート）で 33kN となり完全合成構造になっていることが証明できる．軸力に関して考察すると，砂質部での軸力を見ると-1.0m付近で N 値が 2～3 程度になっており 20kN で引き抜き荷重をかけた時点で摩擦力が減少し 25kN ではほとんど摩擦力は無くなっているのが見て取れる．また，粘性土部においてはその上部は砂質土部で摩擦力が無くなったためその値が減少しているが，杭の端部に向かって摩擦力が増加し，結果的に

キーワード　防雪柵，摩擦杭，実験法，性能照査，軟弱地盤
連絡先　〒079-0394　空知郡奈井江町字チャシュナイ 987 番地 10　株式会社砂子組　ＴＥＬ0125-65-2326

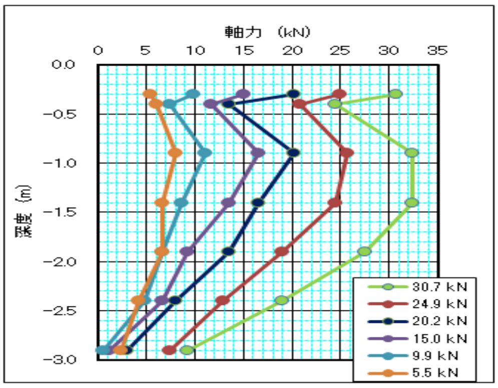

図-4-1 深度-軸力(3m 杭)

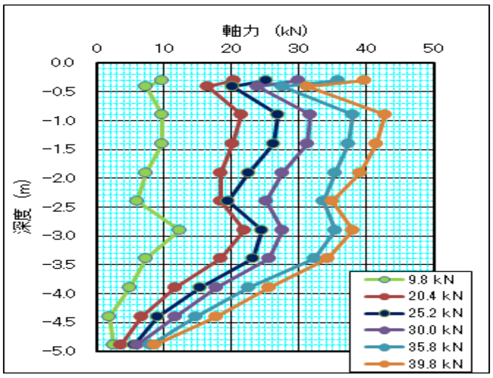

図-4-2 深度-軸力(5m 杭)

深度	I	O	Ave	E	σ	断面積	軸力	面積	差分軸力	累積	傾き
−0.4	24	15	19.5	2100000	41.0	59.4	2,430	3,393	0		
−0.9	33	18	25.5	2100000	53.6	59.4	3,178	3,393	0		
−1.4	32	20	26.0	2100000	54.6	59.4	3,241	3,393	0		−125
−1.9	30	20	25.0	2100000	52.5	59.4	3,116	3,393	125	125	249
−2.4	19	15	17.0	2100000	35.7	59.4	2,119	3,393	997	1,122	1,994
−2.9	6	7	6.5	2100000	13.7	59.4	810	3,393	1,309	2,306	2,617
−3.0	0	0	0.0	2100000	0.0	59.4	0	679	810	3,116	8,101
							2,929				
									台形	2,592	

表-1　測定結果

は粘土性土質部で引き抜き荷重のほとんどを負担する結果となっている．摩擦力は 1.5m 以下でその相当分を負担していることから引き抜き力が到達せず軸力ひずみがほとんど出ない結果となっている．しかしながら，先端においても鋼管内部にも粘土が入っているためか 10kN 程度は分担している．実際にも摩擦力は図の台形の面積が引っ張り力（軸力の差分で計算）であり，これを計算すると(30+9)×1.5/2=29.3KN でほぼ等しくなっている．

4.2　5m 杭の摩擦力

図-4-2 には 3mの杭と同様、深度および変位軸力分を示した．深度と軸力分布図では-1.0mから-2.0m で摩擦がなくなり引っ張り載荷重と同じ値で-3.5m以深の粘土質土質で摩擦力が発生し荷重と釣り合っている．なお，-0.5mの現象は杭 3mで述べたとおりである．軸力の差分（前後軸力が同じであれば 0）でチェックすると(34+9)×1.5/2=32.3kN となり 32.3kN と小さい値を示すが-3.0～-3.5m 部分で差分を分担していると考えられる．

また，摩擦応力度に関しても 50cm ピッチで全周面積を掛けて算出したものでは摩擦応力度を 0 にした場合，全摩擦力は 40.5kN でほぼ合致している．5mの杭の場合-2.5m付近で摩擦力がゼロ，言い換えると摩擦応力度がゼロ（図中では負の値）で全く分担していないのは粘性土と判定しても腐植土が混じっているからと考えられる．

3m の杭と 5m を比較した場合でみると 3m の場合は深度摩擦応力度が複雑になっているが 5m の場合は，ほぼ杭の先端 2m で等分布的に摩擦力が働いていることが見てとれる．5m の場合も先端で摩擦応力度が大きく寄与しているがこれに関しても，杭打ち後の経過とさらには N 値だけでは論拠できない粘土の締まり方が起因していると考えられる．

５．まとめ

防雪柵の基礎，特に小口径鋼管杭の摩擦力の考え方に関して引き抜きによる実験を試み設計の妥当性を検証した．その結果，

（1）N 値が 5 以下でも摩擦は十分に発生しており杭の性能設計または施工において無視できないこと

（2）杭の設計もＮ値で評価可能であること

等が本実験で分かってきたが，砂層や礫層が混在している場合の検証も重要であると考えられる．