

軟弱地盤における大規模ニューマチックケーソンの施工

戸田建設株式会社 札幌支店 正会員 若林 秀夫
 戸田建設株式会社 札幌支店 坂本 昭則
 戸田建設株式会社 札幌支店 中村 真之

1. はじめに

本工事は、道道岩見沢石狩線の7径間連続鋼斜張橋である岩見沢大橋（仮称）の主塔橋脚をA=1,224m²という大型のニューマチックケーソン工法で築造するものである。

ケーソン沈下掘削部の土質は大部分が軟弱地盤層であり、またピアケーソンであるため、埋戻しによる土砂荷重も載荷される。よって沈下荷重が沈下抵抗力をはるかに上回る結果となることから、沈下抵抗力を増加する目的で地盤改良が計画されたが、当ケーソンはそれでも沈下荷重が大きい、いわゆる過沈下状態にあるケーソンである。

そのため、開口率を再検討した結果、刃口周囲の地山を掘り残して先端支持力を調整することによって沈下を完了した。ここでは、本工事における施工上の問題点と対策および施工結果について報告する。

2. 土質概要

現地地層は沈下掘削のほぼ全深度において、N値が5～10程度のシルト及び細砂からなる。

土質柱状図を図1に示す。

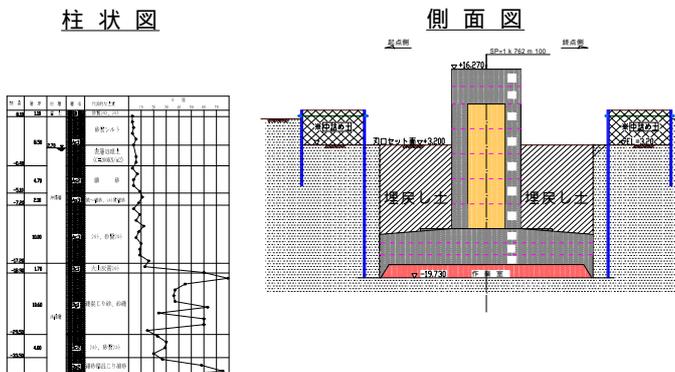


図1 土質柱状図

3. 地盤改良工

地盤支持力を増大させ所要のケーソン沈下抵抗力を得るため、表層部3.6mはセメント粉体地中噴射攪拌工法（NPB工法）、それ以下はサンドコンパクションパイル工法（SCP）を採用した。なお、改良効果は、表層処理部はコア採取による一軸圧縮試験強度により、SCP部は標準貫入試験により沈下掘削工の沈下掘削開始前に確認した。

図2に地盤改良工断面を示す。

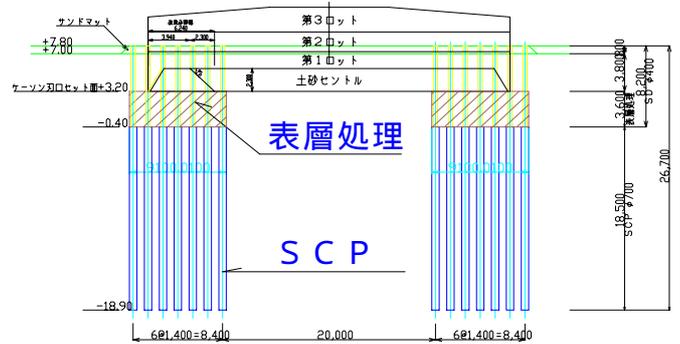


図2 地盤改良工断面図

4. ケーソン沈下掘削計画

4.1 沈下関係図

ロット割及び構築、沈下計画から沈下力（躯体重量＋艀装荷重＋埋戻し土砂荷重）と沈下抵抗力（周面摩擦力＋揚圧力）を算出すると図-3に記す沈下関係となった。

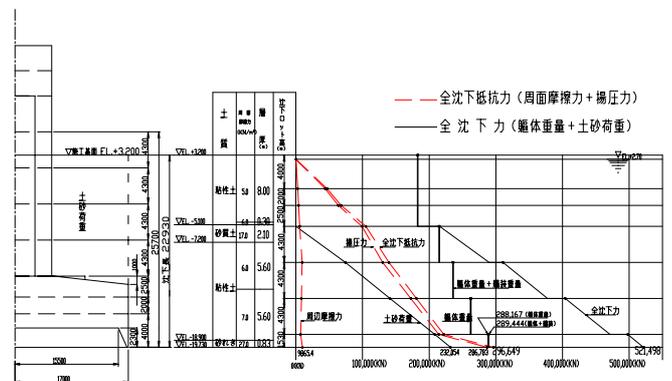


図-3 沈下関係図

沈下抵抗力の不足分（MAX：294,261kN）を掘残し部の地盤支持力で補う計画としたが、当初計画の開口率60%の確保が困難であり、最小開口率が41%となる計算結果となった。よって函内掘削方法を見直し、天井走行式掘削機5レーン8台から3レーン6台＋地上走行式掘削機2台に変更した。

また、沈下完了時においても刃先部の支持面積と周面摩擦力だけでは支持力が不足するので、不足分を分担するコンクリート受台を函内基礎地盤に構築することとした。

キーワード ニューマチックケーソン ピアケーソン 軟弱地盤 地盤改良 地盤支持力
 連絡先 戸田建設株式会社 札幌支店 札幌市中央区北3東2-2 011-231-9600

4.2 沈下抑制方法

図-5に示すように、地盤改良部の地山を掘残して支持力分担幅（3.0~6.8m）を調節することによって、沈下スピード及び傾斜を制御管理した。

掘残し幅の指示は高圧室内作業主任者が行うが、函内にケーソンの傾斜・刃口高さ・函内圧力をリアルタイム（30秒間隔で測定）で表示するモニターを2台設置し、高圧室内作業主任者が常時ケーソン姿勢を把握し適切な指揮ができるようにした。

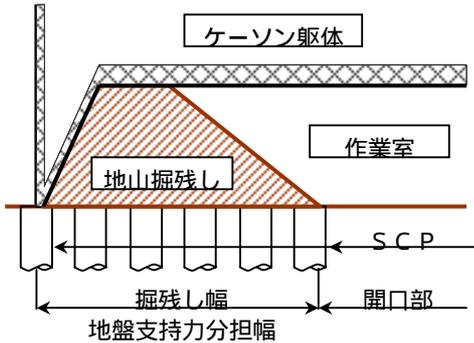


図-5 掘残し部概要図

掘削土の大部分は粘性土であるが、途中に支持力を有する砂層が存在し、3ロット掘削沈下時に砂層では開口率を87%まで拡大しないと沈下せず、その下の粘性土層では開口率を68%まで縮小しないと沈下してしまうという結果がでている。急激に土質がこのような変化すると仮定すると、層境で沈下抵抗力不足70,000KNが発生し、1.5m程度の異常沈下が発生する。

対策として層境付近砂層掘残し部の掘削を段切りし、函内にサンドル用砂を4方向にストックした。また函内圧力の緊急加圧（0.02Mpaを限度）により、揚圧力として25,000KNは調整可能であることを確認し施工した。

4.2 沈下制御結果

計画時は開口率 41~85%で計画していたが、実際には地盤支持力が砂質土では小さく、粘性土では大きく開口率は 61~93%という結果であった。（表-3）

また土質の急激な変化はなく徐々に変化したため、異常沈下は発生せず、各ロットコンクリート打設時の沈下荷重の増加に対しても同様に、沈下スピードの調整は函内圧力の増加（MAX 0.013 MPa）で制御できた。

また、沈下完了前に施工する受台コンクリートの形状・個数を決定するために、刃口深度が沈下完了前1.3mの時点で函内の一部を基礎地盤深度まで掘り下げ、平板載荷試験を実施した。その結果から基礎地盤の支持力を算出し、中詰コンクリートの充填性を考慮して 4,000の円形4基の配置とした。また工程短縮のため、型枠は埋殺しとし、

ライナープレート（t=2.7mm）を採用した。（図-6）

日付	刃口部土質	刃口深度 (m)	函内圧 (Mpa)	地盤支持力 (KN/m ²)		開口率 (%)		備考
				計画時	施工時	計画時	施工時	
6/15	表層処理土	1.67	0	366	636	54	75	3.2~-0.4m改良層
6/21	粘性土	-0.20	0.037	366~288	373	60	61	
7/2	"	-2.66	0.071	366~288	360	60	70	
7/7	"	-3.62	0.070	366~288	333	60	67	
7/13	砂層	-4.83	0.081	730	427	87	80	-4.3~-7.2m砂層
7/25	"	-6.56	0.087	730	425	87	68	
8/7	粘性土	-11.60	0.166	310~350	495	87~49	76	5ロット沈下完了
8/29	"	-11.60	0.176	310~350	549	49~41	76	6ロットコンクリート打設
9/18	"	-16.18	0.237	310~350	368	41	63	6ロット沈下完了
10/17	固い粘性土	-17.50	0.250	350~1,170	593	41~82	79	
10/21	砂礫層	-18.45	0.248	1,070	1,561	82	89	受台 4,000×4基
10/27	"	-19.73	0.256	1,323	1,561	85	93	沈下完了

* 周面摩擦力は設計値を採用

表-3 開口率推移表

4.3 施工精度

発注者の出来形管理規準においてニューマチックケーソン基礎の管理規準は決められているものの、ピアケーソンとしての規定がないのが現状である。よって当作業所では、橋梁下部工のRC躯体工に準じるものとして管理を行い、所定の精度内で完成した。（表-4）

管理項目	ケーソン規格値	RC躯体工規格値	実測値 (最大値)
基準高	±100	±20	+6~+11
橋脚天端長	-50	-50	+23
橋脚敷長		-50	+1~+21
橋脚天端幅	-50	-20	+40
橋脚敷幅		-50	+11~+24
橋脚高	-100	-50	+15
橋脚中心間距離		±30	-2
中心線変位		±50	上流側 30
傾斜 橋軸方向			1/6,800
傾斜 橋軸直角方向			1/4,500

表-4 出来形管理規準・実測値一覧表

5.まとめ

掘残しによる沈下制御は、初期沈下時にはよく行われるが、最初から最後まで実施するのは稀なケースである。

沈下は、掘残し部の掘削がバランスが崩れた時点でゆっくり始まりゆっくりと停止する。作業終了時に沈下が収束していない場合は、沈下スピードの調節は函内圧力のコントロール（最大0.01Mpa増 1,224KNの揚圧力の増）に依存することが多かった。一方、函内圧力を高くし過ぎるとエアブローにより二重締切の変形を促進させるため、デリケートな送気圧管理が必要であった。

掘削部の土質のなかに、支持力の大きな土層が途中にあり、その変化が大きい場合は異常沈下が発生する恐れがある。よって事前検討時に開口率の変化を小さくするための載荷荷重の設置・撤去方法、また変化率の減少が困難であれば、異常沈下に備えての対策としての刃口形状の検討、地盤改良範囲及び施工方法等、さらに地盤反力計・周辺摩擦計等の計測機器設置の必要性を十分に検討する必要がある。