

ニューマチックケーソン工法による 日本最大級深度・大断面立坑の施工

—中央新幹線、上小山田非常口—

関東甲信工事局 相模原鉄道建設所 柿崎 圭人

1. はじめに

上小山田非常口は、中央新幹線、品川起点33km854mに位置(図-1)し、首都圏トンネル区間に設置される非常口のうち、鉄道・運輸機構が東海旅客鉄道株式会社から委託を受け、建設している立坑の1つである。外径41.5m、深さ110.3mの立坑である。立坑の構築は、ニューマチックケーソン工法で施工しており、沈設深さは世界最大である。ケーソンは、シールド機の到達・発進基地の役割も有しており、所定の位置に誤差300mm以内で沈設させる必要があり、常時、ケーソンの挙動を計測し、適切に傾斜、偏位対策を行った。本稿では、掘削沈下完了までに生じた3つの事象と対策について報告する。



図-1 上小山田非常口の位置図

等も混入し、工事着手前の追加調査ボーリングにより、特に北西側に多く混入していることが判明した。

盛土層および粘性土層は、N値が低く、ケーソンを支持する地盤が安定していないため、姿勢制御が難しい。また、刃先下にコンクリート殻等が出現した場合、沈下不能になる可能性があるため、地表面より7m掘下げて刃口据付面にするとともに、T.P.+115.5mまでの範囲で碎石置換を行った。

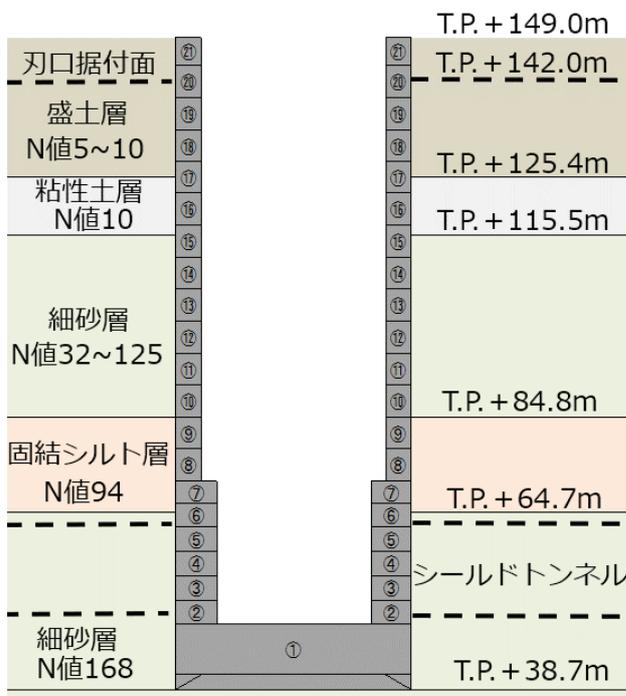


図-2 地質状況

2. 施工精度

2-1 地質状況等

上小山田非常口の地表面高さは、東京湾平均海面(以下、「T.P.」と省略)+149.0mとなる。当該箇所地質は、図-2のとおり、T.P.+149.0m~T.P.+125.4mでは盛土層、T.P.+125.4m~T.P.+115.5mでは粘性土層、T.P.+115.5m~T.P.+84.8mでは細砂層、T.P.+84.8m~T.P.+64.7mでは固結シルト層、T.P.+64.7m~T.P.+38.7mで再び細砂層が分布している。地表面付近の盛土層は、1980年代の他公共事業の建設発生土が堆積しており、コンクリート殻

2-2 施工精度

上小山田非常口は、計画上のシールド機の到達・発進断面に向けて立坑の仮壁(シールドトンネル開口部)が正確に収まるようにケーソンの沈設を完了させなければならない(図-3)。ケーソン自体で定めている回転、傾斜管理値やシールド機の管理値等を考慮して管理基準値を300mmに設定した。同立坑は、大深度・大断面であるため、微小なケーソンの挙動が施工精度に大きく影響する。日々、ケーソンの挙動を確認し、掘削沈下の微調整で所定の位置に沈設さ

せる。最終的に管理基準値の 300mm を超えてしまわないように 1 次管理値 150mm、2 次管理値 210mm を設定して管理した。

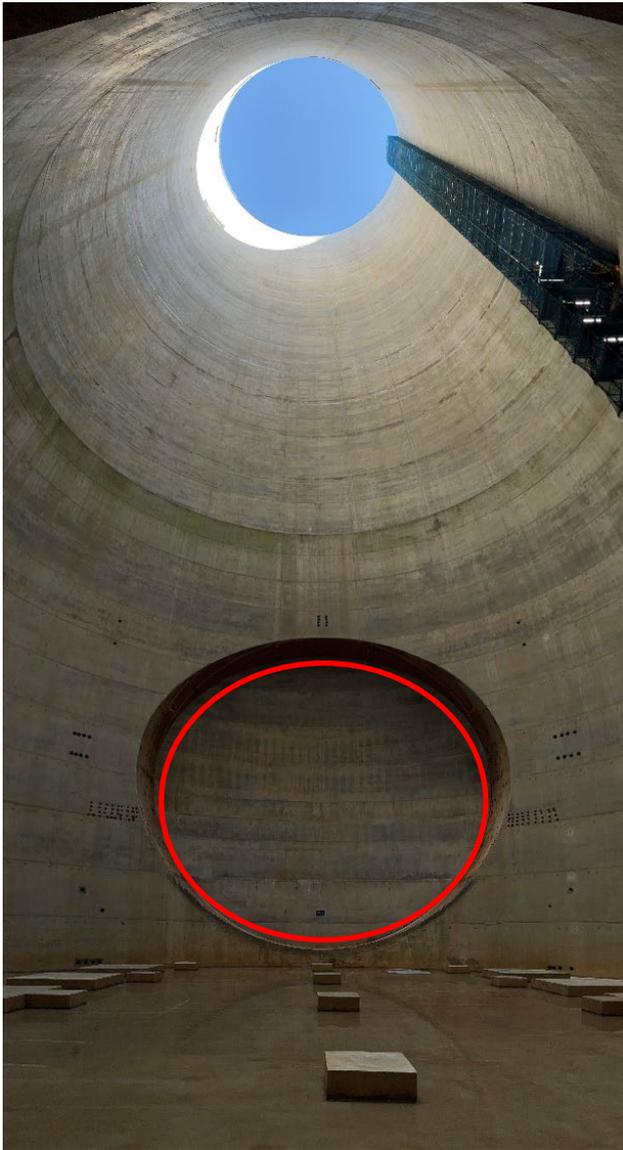


図-3 シールド機の到達・発進断面

3. 掘削初期・後期のケーソン偏位

3-1 ケーソン偏位状況

掘削初期の盛土層から粘性土層においてケーソンが北側に偏位した。累計沈下量(以下「G.L.-」と省略) 28.3m で品川方(東側)が 196mm、名古屋方(西側)が 270mm 偏位した。名古屋方(西側)においては、このまま偏位傾向が続いた場合、G.L.-31.3m で管理基準値の 300mm に達する状況であった(図-4)。

偏位が生じた要因は、砕石置換した砕石がケーソン背面の盛土層に混入しているコンクリート殻等の空隙(北側)に移動することにより、ケーソンが北側偏位したと考えている(図-5)。

掘削後期においては、品川方が北側偏位傾向、名古屋方が南側偏位傾向と、東西で異なる偏位傾向となっていて、ケーソンは反時計回りに回転している。このまま偏位傾向が続いた場合、沈設を完了する前に品川方が管理基準値の 300mm に達する状況になっていた。偏位が生じた要因は、ケーソンの東西側傾斜の影響により品川方と名古屋方の摩擦力の違いで回転力を加えたものと考えている(図-6)。

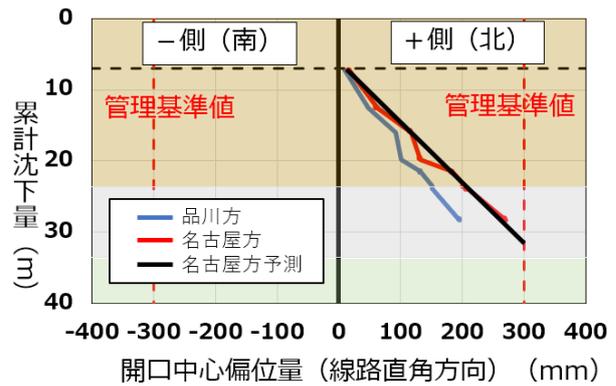


図-4 掘削初期のケーソン偏位

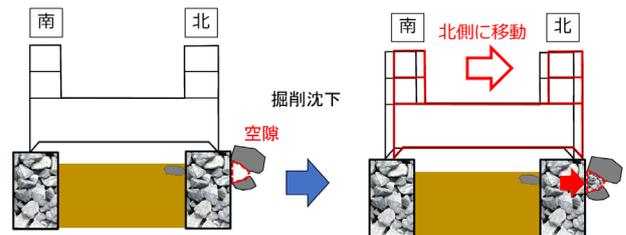


図-5 掘削初期のケーソン偏位要因イメージ

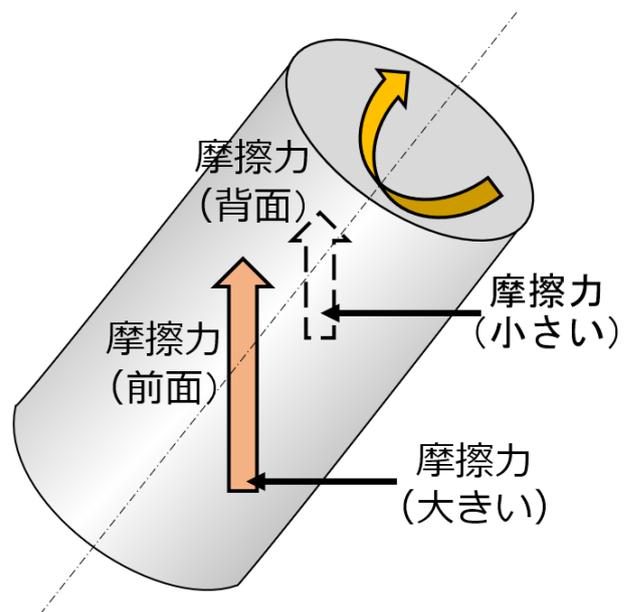


図-6 掘削後期のケーソン偏位要因イメージ

3-2 対策結果

掘削初期のケーソンの北側偏位を収めるためにケーソンを北側傾斜させ、刃先を南側に向かせることで、刃先方向に掘削沈下させた。

対策後は、G.L.-51.2mで偏位が品川方(東側)で97mm、名古屋方で229mmになり北側偏位傾向を収束させた(図-7)。

掘削後期においては、ケーソンの反時計回りの回転傾向を収めるために東西傾斜を緩やかにして偏位を収束させた(図-8)。

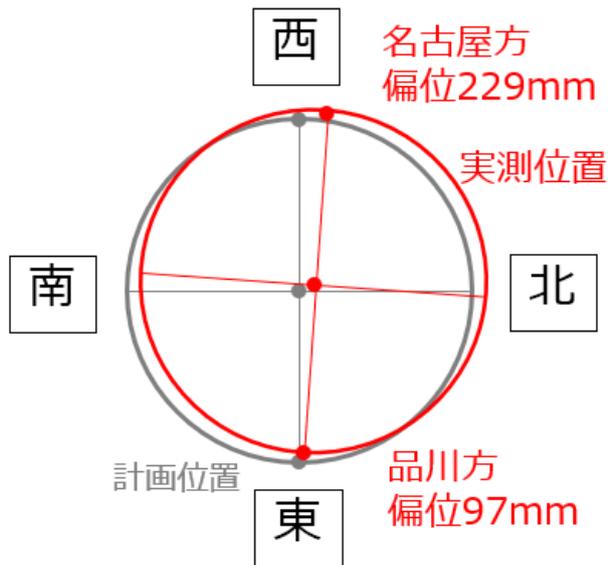


図-7 対策後のケーソン偏位イメージ

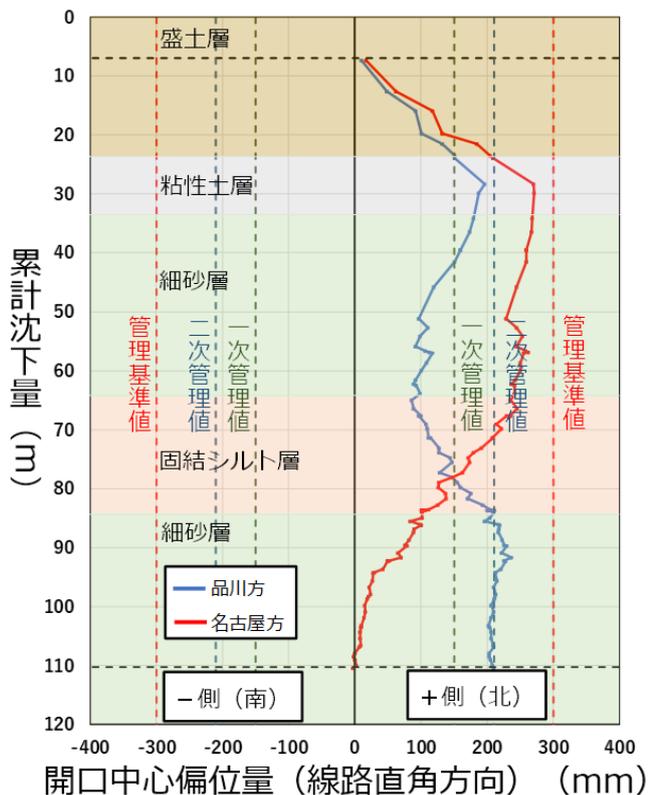


図-8 沈設完了時のケーソン偏位

4. 掘削中期の急速沈下

4-1 急速沈下について

固結シルト層においてケーソンが一気に数十cm沈下(以下、「急速沈下」と省略)した。

急速沈下は、固結シルト層のような地質で発生することが多い。本現場では、施工業者の実績から50cm程度と想定していた。

急速沈下が発生することで安全性、工程等の問題が生じる。特に1回の沈下量が90cmを超えた場合、函内の掘削機が天井と掘削面に挟まれて故障する可能性があり、全体工程に遅延が生じることが懸念される。

4-2 対策結果

実施した対策を図-9に示す。

| 対策 | |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1. 急速沈下時期の調整 | 函内の気圧を変えることで急速沈下のタイミングを制御 |
| 2. 滑剤変更(ベントナイト→ネオモール21) | 周面摩擦を低下させることで、沈下促進 |
| 3. 掘削機直下の掘削 | 90cm以上の急速沈下による掘削機の挟まり防止 |
| 4. 土砂サンドル設置 | 沈下抵抗力の一部を受持たせて沈下抵抗力増加 |
| 5. ケーソン背面掘削、ロット分割打設 | ケーソン背面を掘削し、 ϕ ロットを分割打設し沈下力低減 |
| 6. 函内圧力が高い状態で掘削 | 函内気圧を高めて掘削し沈下抵抗力増加 |

図-9 急速沈下対策

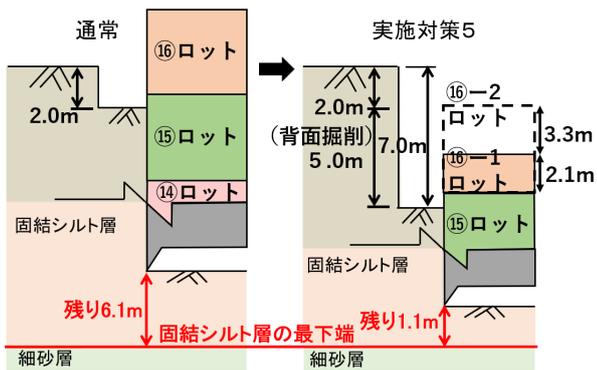
対策1については、周囲への影響に関する対策である。急速沈下時は振動が生じる。そのため、夜間に急速沈下を発生させないために計測機器に急速沈下の兆候が出たら掘削沈下を中断し、函内圧力を調整し、急速沈下のタイミングを制御した。

対策2は、急速沈下が発生して摩擦力が切れた時の沈下力を低減させるために、摩擦低減効果が高い高分子系の滑剤に変更した。

対策3は、掘削機直下を掘削して90cm以上の空間を確保した。

対策4は、函内の土砂でサンドルを形成し、沈下力をサンドルでも受け持つことに期待した。

対策5は、ケーソン重量が急速沈下量に影響していると考えて、ケーソン重量を増やさずに固結シルト層を抜けるためにケーソン背面高さをG.L.-2mからG.L.-7mにし、更に ϕ ロットの分割CON打設を行った(図-10)。

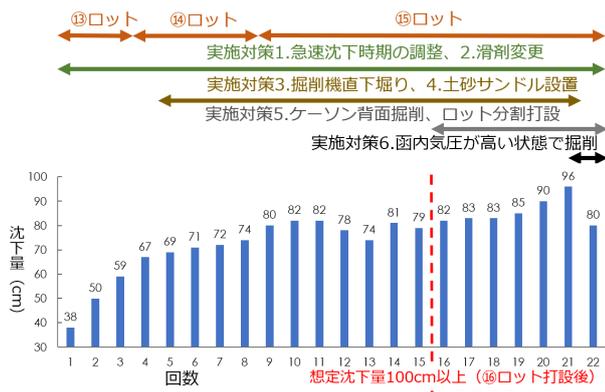


図－10 実施対策5

対策6は、これまでの固結シルト層の掘削沈下では、刃先付近を掘削する際は、函内圧力を調整して、急速沈下を発生させていた。その結果、函内気圧が高い方が、急速沈下量が少ない傾向がみられたことから、通常よりも高い函内圧力で刃先付近を掘削することとした。

急速沈下は、合計で22回発生しており、急速沈下の沈下量の合計値は、17mとなった。一方で固結シルト層の層厚は20mになるので、固結シルト層の区間は、ほぼ急速沈下で抜けた。また、沈下量は徐々に増加傾向を示していたが、対策を実施することで掘削機の挟まれによる故障はなかった（図-11）。

さらに事前に急速沈下が発生することを周辺施設に周知することで、理解を得ながら工事を中断することなく、無事に固結シルト層を抜けることができた。



図－11 急速沈下対策実績

5. おわりに

大深度立坑構築において、様々な事象が確認された。これらの事象に対して適切な掘削管理を行うことで、令和6年3月6日に管理基準値内で掘削を完了した。最後に、この報告にあたり協力を得た関係者の皆様に感謝の意を表す。