狭隘場所における
ケーソン基礎の施工について

丹羽　政仁[1]

[1]中部地方整備局　名四国道事務所　工務課　（〒467-0847 愛知県名古屋市瑞穂区神穂町５－３）

西知多道路施工場所である荒尾OFFランプ橋では，地質条件が海岸埋立てによる軟弱な盛土造成地であり，支持層深度が12m程度で固結シルト層であることから，下部工の基礎形式は，基礎側面の地盤抵抗が考慮できるニューマチックケーソン工法を採用している．ニューマチックケーソン工法は，大深度基礎で地下水位が高くても施工可能であり，軟弱地盤での耐震性確保が可能である．しかし，当該施工場所は西知多産業道路と企業の建屋に挟まれた非常に狭隘な施工場所となっているため，通常のニューマチックケーソン工法をより小断面化したスリムケーソン工法を採用した．本報告では，狭隘場所におけるケーソン基礎の施工方法について報告する．

キーワード　ニューマチックケーソン，スリムケーソン，狭隘，近接施工

1. はじめに

名四国道事務所では，現在知多地域の交通渋滞の緩和，物流効率化，災害に強い道路機能の確保，知多半島道路と共に形成される空港アクセスのダブルネットワーク化を目的とし，西知多道路の施工を進めている．西知多道路は延長 18.5km の高規格道路であり，東海 JCT 区間 2.0km と，令和３年度より，長浦～日長の延長 1.6km を新規事業化している．施工場所の東海市東海町では，地質条件が海岸埋立てによる軟弱な盛土造成地であり，支持層深度が 12m程度で固結シルト層である．また，現場条件は西知多産業道路と企業の建屋に挟まれた非常に狭隘な施工場所となっている．西知多道路位置図を図-1 に，地質縦断図を図-2 に示す．

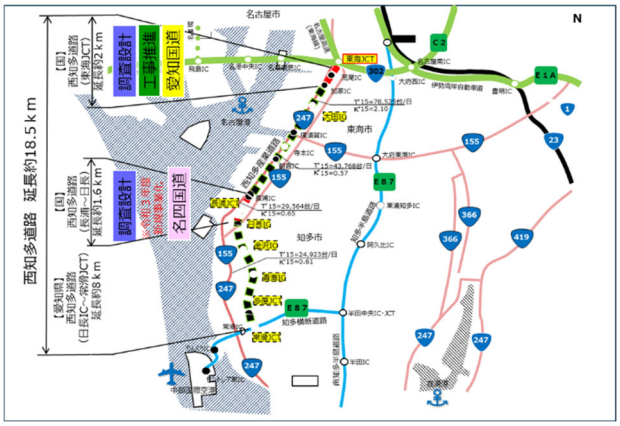

図-1　西知多道路位置図

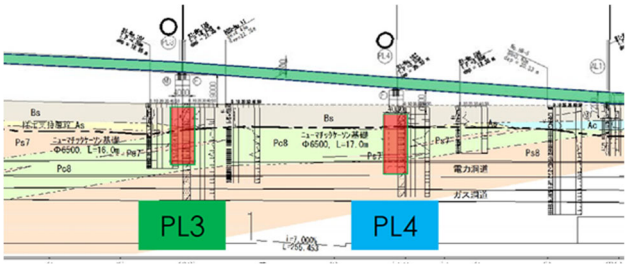

図-2　地質縦断図

荒尾OFFランプ橋の基礎形式は，地質条件及び現場条件から次のとおり選定した．直接基礎は底版上面の土砂重量に対して底版を広げると，自重が大きくなることから計算の収束が困難になる．場所打ち杭については，支持層深度が浅く，杭１本あたりの支持力が小さくなるため，杭本数を増やす必要があるが，自重が大きくなることから計算の収束が困難になる．そのため，周辺の地盤抵抗で安定性を確保するニューマチックケーソン工法を採用している．また，深礎基礎は地下水位が高く湧水が多くなるため適用外，鋼管矢板基礎は水上施工で適用することが標準であるため適用外，地中連壁基礎は橋梁下部工での実績が少ないことから適用外としている．当該施工場所では，西知多産業道路，建屋及び市道に近接しており，ニューマチックケーソン工法では用地境界（ケーソン躯体から約 1m が用地境界）や埋設管との制約，現道の通行止めが必要となることから，上記を考慮したスリムケーソン工法を採用し施工を行った．図-3 にコントロールポイント図を示す．

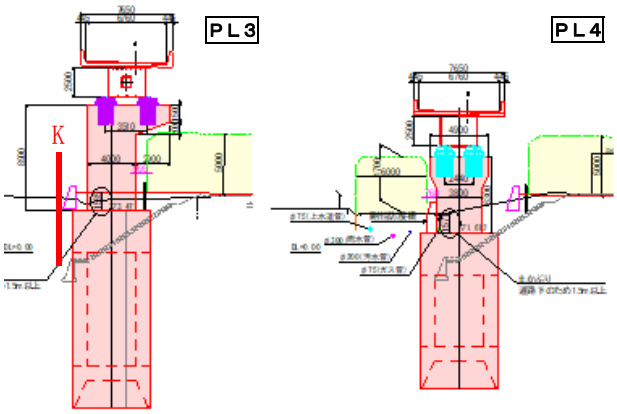

図-3　コントロールポイント図

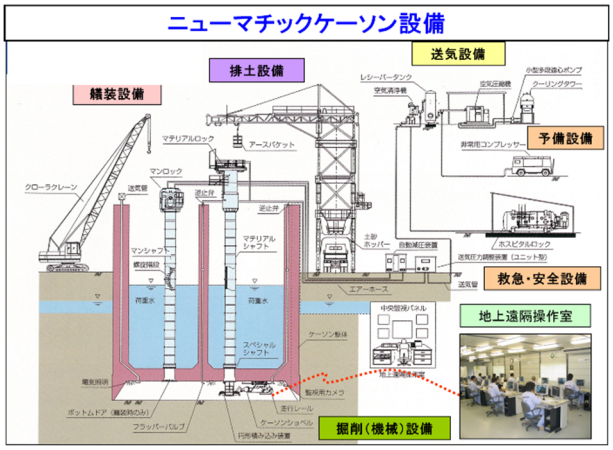

図-5　ニューマチックケーソン主要設備

2. ニューマチックケーソン工法の概要

2.1 工法の概要

まず始めにスリムケーソン工法を説明するために，ニューマチックケーソン工法について説明する．ニューマチックケーソン工法（Pneumatic caisson method）は，pneumaticは空気，caissonは函を意味しており，圧気潜函工法とも呼ばれている．本工法は，地上で鉄筋コンクリート製の函（躯体）を構築し、躯体最下部に作業室を設け，その密閉された空間に，地下水圧に見合った圧縮空気を送り込むことで，地下水の浸入を防ぎながら地上と同じ状態で掘削作業を行い，地上で構築したケーソン躯体を地中に沈設していく工法である（シャフト2本分幅8.0m以上必要）．橋梁や構造物の基礎として，また，下水ポンプ場，地下調整池、シールドトンネルの立坑，地下鉄や道路トンネルの本体構造物として幅広く活用されている．原理としては，コップを逆さまにして，水の中に押し込んだ状態のように，空気の圧力によって水の浸入を防ぐ原理を応用したものである．ニューマチックケーソン工法の原理を図-4に示す．

ニューマチックケーソン工法の工事で使用する施工設備は，掘削設備，排土設備，送気設備，予備・救急・安全設備に大別される．ニューマチックケーソン工法の主要設備を図-5に示す．

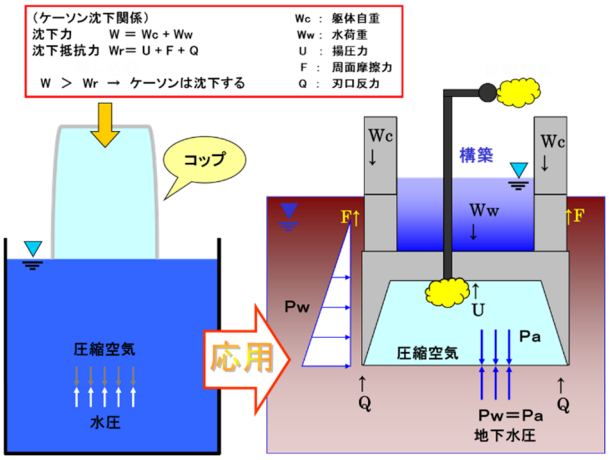

図-4　ニューマチックケーソン工法の原理

2.2 施工方法

ニューマチックケーソン工法の施工手順は図-6に示す．各施工状況は以下に示す．

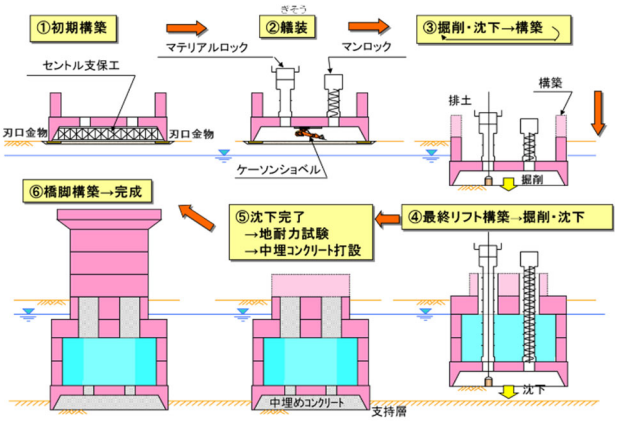

図-6　ニューマチックケーソン施工手順

①作業室構築

最初にケーソン基礎の据付地盤面の整形を行い，刃口金物を据付ける．作業室となる空間は，セントルと呼ばれる支保工で構築する．刃口金物の設置状況を写真-1に，セントルの状況を写真-2に示す．刃口金物はケーソンの沈設中，最初に地盤に貫入していく部分で，非常に大きな集中荷重が作用する構造上重要な部分である．また，刃口部の保護とケーソン沈設精度を確保する重要な役割を兼ねており，刃口金物の断面形状や使用鋼材について，十分な検討を行う必要がある．

写真-1　刃口金物設置

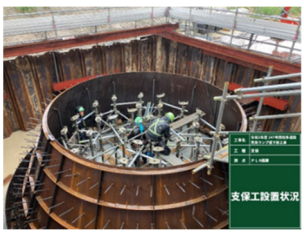

写真-2　セントル設置状況

②艤装・初期掘削

作業室構築後，艤装作業として，掘削残土の搬出などに用いるマテリアルロック・シャフトと作業員の入出函に利用するマンロック・シャフトを設置する．艤装設備状況を写真-3に示す．初期掘削時，ケーソンは傾斜しやすく，躯体の挙動が不安定となりやすいため，本工事でも特に初期掘削・沈設の精度管理には留意した．

写真-3　艤装設備

③構築・沈下掘削

ケーソンは各ロットの構築完了後，コンクリートの養生を待って沈設作業を開始し，各ロットの所定の深度まで沈設後，次の構築ロットの施工を行い，これを順次繰り返して所定の支持地盤まで沈設させる．写真-4に掘削設備，写真-5にコンクリート打設状況を示す．

写真-4　掘削設備

写真-5　打設状況

④沈設完了，地耐力試験，中埋コンクリート打設

支持地盤の所定深度まで沈設完了後，作業室内にて支持地盤の設計支持力度を確認するために地耐力試験を実施する．地耐力試験状況を写真-6に示す．支持力度確認後，作業室内の設備を撤去し，作業室空間に中埋コンクリートを充填する．

ケーソン沈設精度については，最終沈設精度が許容範囲内に入っていることを確認し，沈設作業を完了する．写真-7にケーソン基礎沈設完了を示す．

写真-6　地耐力試験状況

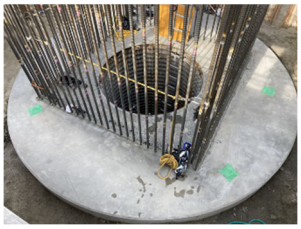

写真-7　沈設完了

⑤橋脚部構築

中埋コンクリートの養生後，艤装設備等を解体し，ケーソン工法による作業は完了となる．その後，地上部の橋脚の構築作業を引続き行い，下部工事は完成となる．

3. スリムケーソン工法の概要

本施工場所で用いたスリムケーソン工法とは，前述したニューマチックケーソン工法よりも小断面（φ5.0m~7.1m）のケーソン基礎を施工するための工法である．今回はφ6.5mのケーソンを施工した．ニューマチックケーソンの艤装設備は，人員が出入りするマンシャフト，土砂・資材出入り用のマテリアルシャフトの2本の設備を設置するが，小断面のケーソンには2本の設備を配置する場所が無く，施工不可能である．そこで人員と土砂・資材のシャフトを1本に集約したシャフトを設置し，シャフトと同径の，減圧用のマンロック，土砂用のマテリアルロックを使用したものがスリムケーソン工法である．工法の違いを図-7に示す．

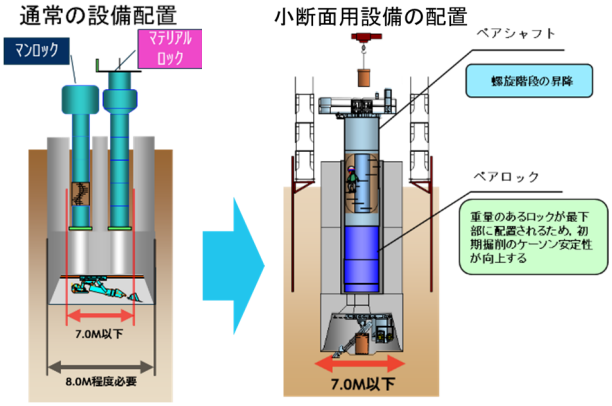

図-7　ニューマチックケーソンとスリムケーソンの違い

かつては，マテリアルシャフト1本で，垂直タラップによる人員の昇降を行っていたが，専用のロック・シャフトの開発により，シャフトの中心を土砂搬出用にし，その周りに螺旋階段を設置したことで安全性が向上した．また，通常シャフトの上部に設置するマンロック・マテリアルロックを下部に設置することで，低重心化となり安定性が向上した．

4. 現場の課題と対策

本施工場所では，企業建屋や現道と近接施工となり，掘削影響範囲（新設構造物施工による地盤変位の影響が及ぶと考えられる範囲）に入っている．図-8に掘削影響範囲を示す．

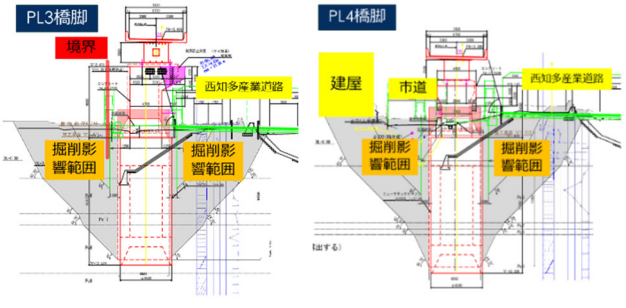

図-8　掘削影響範囲

掘削影響範囲の建屋や道路が沈下変形することを防ぐためには対策する必要があり，①フリクションカッターを設けない（図-9）②ジェッティング等の摩擦低減工法を行わない③エアーブローが絶対に起こらない④余堀りを行わないことで，要注意範囲（新設構造物施工による直接の影響は受けないが変状観測は必要）として施工を行った．横移動方向と縦標高方向の観測を近接市道の舗装で行い，縦横ともに1mm程度で測量誤差の範囲であったため，近隣に影響なく安全に施工できたと考える．

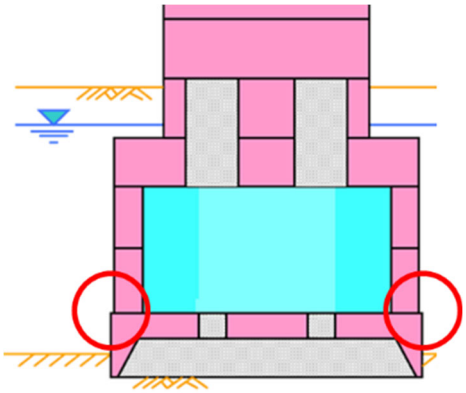

図-9　フリクションカッター

また，ニューマチックケーソン工法における特有の工夫として，作業室内の監視カメラを固定式の広角レンズではなく，魚眼レンズを使用した．作業室内の狭い範囲で沈下掘削を行う際，掘削作業時の作業指示・安全指示を計測管理室から行うが，広角レンズを使用しても死角となる部分が多く，安全指示を行う上で，死角が少ない魚眼レンズの使用は非常に有効であった．図-10に監視範囲の違いを示す．

図-10　作業室内監視カメラの違い

5. おわりに

本工事では，地質条件及び現場条件から，ニューマチックケーソン工法を選定したが，その中でも小断面ケーソン基礎を施工するために，スリムケーソン工法を採用し橋梁下部の基礎施工を行った．今回ニューマチックケーソン工法の中でも，小断面ケーソンとしてスリムケーソン工法を採用したのは，用地境界や施工場所が狭隘であったためである．結果，近隣への影響もなく，安全に施工することができた．また，ケーソン沈下完了時の傾斜はPL3橋脚が7mm，PL4橋脚で3mm，位置に関しての沈設精度は，規格値300mmに対してPL3橋脚が23mm，PL4橋脚で13mmと非常に良い精度で沈設完了することができた．以上の結果から，今回実施したスリムケーソン工法は有効な手段であったと考える．

謝辞：施工していただいたオリエンタル白石(株)の皆様はじめ，施工業者の方々に，この場をお借りし感謝申し上げます．

参考文献

1)日本圧気技術協会，ケーソン施工マニュアル（第 5 版），平成 14 年 9 月
2)日本圧気技術協会，ホームページ，「ニューマチックケーソンとは」，http://www.pneumatic.gr.jp/pneumaticmethod/
3)オリエンタル白石（株），スリムケーソンカタログ
4)近接工事施工要領（原案）第 36 回建設省技術研究会