トンネル工学報告集
第14巻2004年11月報告集(59)

ニューマチックケーソンによる道路トンネルの施工

Construction of The Road Tunnel with Pneumatic Caisson Method

中井寛[1]・石田芳行[1]・菅野谷敏彦[2]・下間充[3]
Hiroshi Nakai , Yoshiyuki Ishida , Toshihiko Suganoya , and Mitsuru Shimoma

[1]東日本旅客鉄道株式会社　東京工事事務所（〒151-8512 東京都渋谷区代々木2-2-6）
E-mail:h-nakai@jreast.co.jp
[2]正会員　東日本旅客鉄道株式会社　東京工事事務所（〒151-8512 東京都渋谷区代々木2-2-6）
[3]正会員　清水建設株式会社　土木東京支店（〒105-8007 東京都港区芝浦1-2-3-12シーバンスＳ館）

The metropolitan expressway Omiya line intersected Tohoku Shinkansen and Saikyo Line, and built the tunnel with a length of 221.5m by making the pneumatic caisson method connect. In the attitude control of asymmetrical curve type caisson box, in order to use a pressing jack together and to control modification of a structure, the protection wall (SMW, BH stake, steel sheet pile) was constructed. The connection part between the caisson box constructed and dug a temporary shoring. The Saikyo Line bridge pier was supported by the underpinning method of construction by the slab built on the caisson box.

Key Words : *the pneumatic caisson method, asymmetrical curve type, the underpinning method*

1．はじめに

首都高速大宮線は，埼玉県の高速道路網の強化と新大宮バイパス等の交通渋滞の緩和を目的とした，高速５号池袋線と東京外環自動車道とが交差する美女木ジャンクション・さいたま新都心を経由し，第２産業道路に至る13.8kmの自動車専用道路であり，東北新幹線・埼京線との交差部において，全長221.5mのトンネルを地中に沈設した６函のニューマチックケーソンを連結させることにより構築した。現場は，2000年5月に街開きをした「さいたま新都心」に位置し，新幹線・埼京線のラーメン橋台，橋脚のほか東北貨物線，移送線，さいたま新都心の冷暖房を集中供給している東京ガスの地域冷暖房センター等，重要構造物に近接している。また，地下水位がGL－1.0mと非常に高く，周囲には井戸水を生活用水として使用している民家もある。

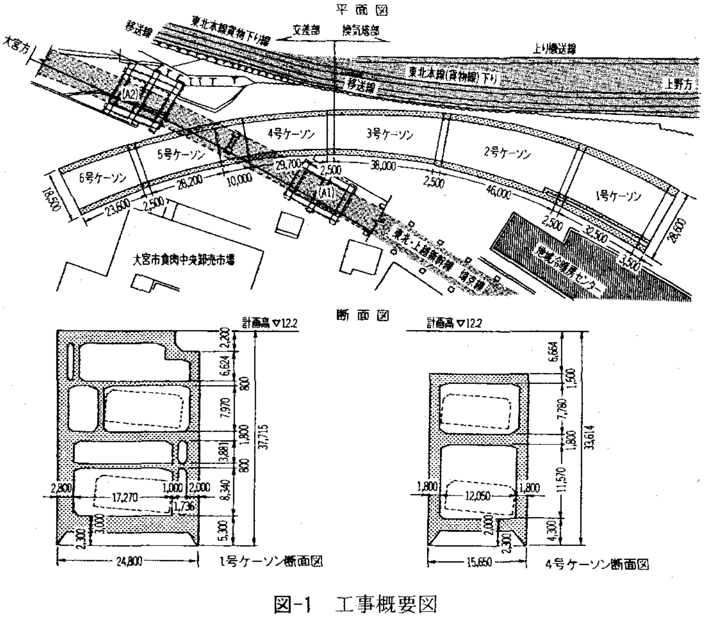

図-1　工事概要図

本報告では、ニューマチックケーソンによる道路トンネルの施工と鉄道営業線橋脚のアンダーピニング工事についておこなう。

2. ニューマチックケーソンの施工

ニューマチックケーソン工法は，地下水位を保った中での函体の構築が可能で，必要により防護工を行うことにより周辺地盤および近接構造物に及ぼす影響を抑えることができる。また，工法の技術が確立されており，施工実績も多いことから，ニューマチックケーソン工法によりトンネルを施工することとした。

(1) 非対称カーブ形ケーソンの沈設精度の確保

ケーソンは沈設する際，微少な揺動を繰り返すが，施工区間のトンネルの平面形状は曲線形で，ケーソン函体は非対称カーブ形となるため，傾斜が大きくなる可能性がある。この揺動を小さくし水平精度を確保するため，沈設制御方法として１函あたり6～10台の圧入ジャッキ（3000kN/台）を併用し，正確な姿勢制御を可能とした。圧入システムは，ジャッキ操作室のモニター上で，リアルタイムにケーソンの姿勢（傾斜，変位，深度）・荷重（水荷重，周辺摩擦，刃口抵抗力等）・躯対応力（鉄筋応力）を確認しながらジャッキの圧入力を設定し，姿勢制御を行った。

また，各ケーソンの据付け位置は軟弱な洪積シルト層（N値2～7）となるため，沈下力（躯体自重，圧入力等）と沈下抵抗力（地盤支持力，周辺摩擦力等）より，過沈下対策をとる必要があった。そのため，作業室内の最終据付け地盤にコンクリート円柱（φ3500，１函あたり4～7基）を設置し，最終沈設段階における過沈下を防止した。

上記の管理を行った結果，各ケーソンは水平・鉛直方向とも±50mmと設定した許容据付誤差内に沈設することができた。

(2) 近接する重要構造物の変状抑制，防護

ケーソン沈設に伴う周辺地盤の変状の要因として，ケーソン沈設時の周辺地盤の引きずり込み，ケーソン傾斜時の押し込みおよび傾斜修正時の地山の緩み等が挙げられる。この地盤変位は近接する構造物の変状をもたらす可能性がある。

周辺地盤に及ぼす影響をFEM解析により予測評価し，その結果により影響範囲を限定し構造物の変状を抑制するため，ケーソンと構造物が近接している

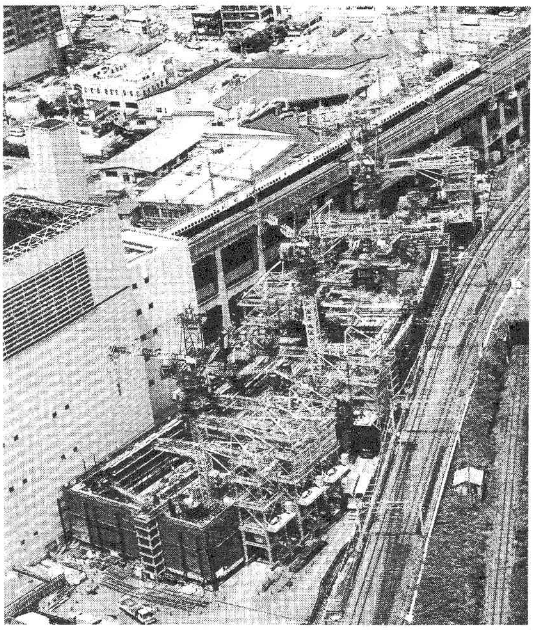

図-2　ケーソン沈設状況

図-3　遠隔操作状況

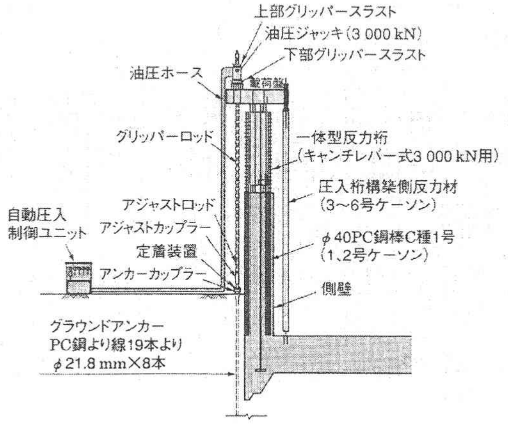

図-4　自動圧入システム

箇所には防護壁を施工した。防護壁には構造物と近接している箇所には柱列式連続壁（SMW，BH杭）または鋼矢板を施工し，最も近接する箇所には地盤改良による二重防護を行った。東北貨物線，移送線に対しては，軌道整備により対応可能なため，路盤との段差を抑える程度の土留壁を施工した。また，前述した圧入システムを用いることでケーソンの揺動を制御し，周辺地盤への影響を抑えることができた。

なお，ケーソン沈設時は周辺構造物の変状計測を行い，異常がないことを確認しながら施工した。

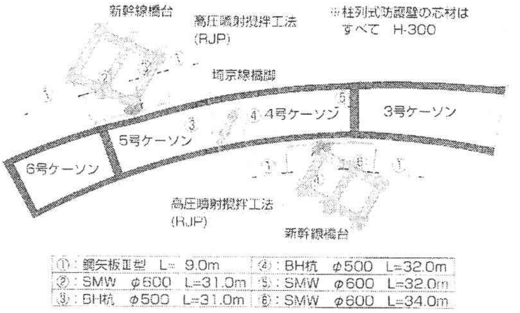

図-5　防護工配置図

表-1　橋脚変状結果

	最大変位	警戒値
橋軸方向	6.4mm (大宮側)	±6.8mm
橋軸直角方向	4.0mm (東北本線側)	

表-2　軌道変状結果

		最大変位
移送線	沈下量	20～50mm (累積沈下量)
	水平変位	20mm (ケーソン側)
防護矢板沈下量		70mm

※東北貨物線の変位量は移送線とほぼ同等の値

(3) ケーソン間の掘削と褄壁の撤去

ケーソン間の連結部は，仮土留壁として地中連続壁をケーソン外側に施工し，中床スラブの深さまでは開削工法により掘削した。それより深い部分については地下水位の低下を避けるため，中床スラブを蓋として床付け面まで圧気掘削とした。床付け後は，圧気下で耐圧版を施工し，その後圧気を開放して，下床版，側壁を構築した。

また，１号ケーソンと既施工の隣接工区との間の施工は圧気掘削ができないため，ケーソン沈設前に横断方向に止水目的の柱列式連続壁（SMW）を施工しておき，隣接工区施工時の既設柱列式連続壁（SMW）と側部に打設する連壁により床付け面まで開削工法で施工した。

トンネル横断方向のケーソン褄壁は，ワイヤーソーによって切断し，20tフォークリフトによって撤去・運搬し，地上の150t吊級クレーンにて開口部より函外へ搬出した。なお，撤去したコンクリート塊の一部は，トンネル内に敷き並べて路盤材として再利用した。

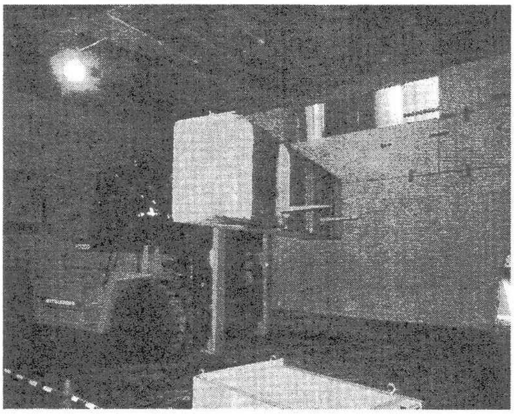

図-6　褄壁撤去状況

３．営業線橋脚のアンダーピニング

埼京線橋脚が新設道路線形に支障するため，橋脚基礎杭（リバース杭φ2400，２本）の撤去が必要となった。このため，橋脚の地中梁を一体化させたス

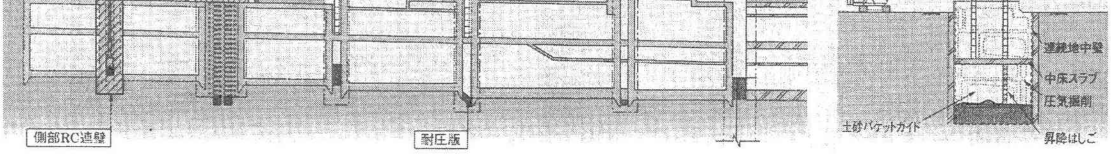

図-7　ケーソン間施工図

ラブをケーソン躯体上に構築し，沈設の完了した隣接する２ケーソンに埼京線橋脚荷重を受け替えることとした。スラブは既設橋脚の橋軸方向と橋軸直角方向にＰＣ鋼線を配置し，プレストレスを導入して既設橋脚と面的に一体化させる構造とした。

スラブ構築，プレストレス導入後，杭切断に伴う偏荷重の発生を抑制し，ケーソン躯体に埼京線橋脚荷重を確実に受け替えるため，ケーソン躯体とスラブとの間にフラットジャッキを設置した。橋脚荷重を受け替えた後，橋脚基礎杭をワイヤーソーにて切断し，掘削しながら杭の撤去を行った。

アンダーピニングの施工は，橋脚およびスラブの測量，計測を行いリアルタイムで監視を行った結果，営業線である埼京線の運行を支障させることなく施工を完了することができた。

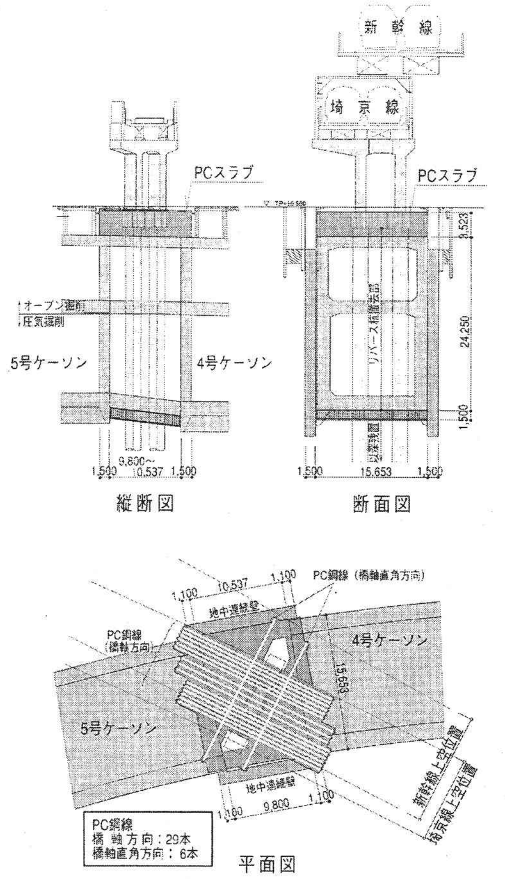

図-8　アンダーピニング概要図

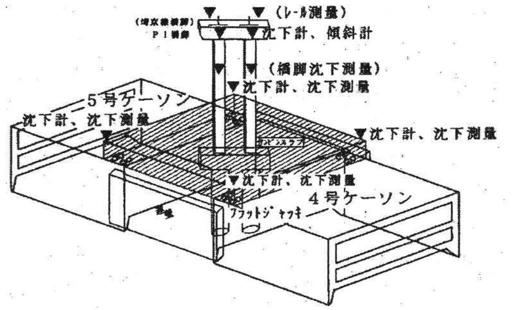

図-9　計測器配置図

４．おわりに

本工事が施工されたさいたま新都心地区は，工事中の地下水の汲み上げに対して厳しい制約があった。このような条件の現場においては，施工中に特段の地下水処理が不要で完成後においても構造物以深の地下水流への影響が少ないケーソン工法によるトンネル施工は有効である。

また，情報化施工による入念な施工管理により，周囲の近接構造物への影響を抑止しながら，過去に例を見ない大規模でしかも非対称のカーブ形ケーソンによるトンネル施工を実施した本工事は，今後の地下構造物の施工にあたって，技術的にきわめて有意義な情報が得られたものといえる。

謝辞： 本報告作成にあたり、東日本旅客鉄道株式会社東京工事事務所桑原清氏にご助力いただいた。ここに記して謝意を表します。

表-3　アンダーピニング施工時の変状結果

		受替前	ﾌﾟﾚﾛｰﾄﾞ後	杭切断後
埼京線レール沈下(mm)		0.00	+1.00	0.00
橋脚沈下(mm)		0.00	+1.00	0.00
橋脚傾斜	(mm)	0.00	+1.00	1.00
	(度)	0.00	+0.001	+0.001
ｱﾝﾀﾞｰﾋﾟﾆﾝｸﾞ部沈下(mm)		0.00	+1.00	0.00

参考文献

1) 佐藤荘一郎，縄田晃樹，小林千佳：ニューマチックケーソンによる新幹線・埼京線下道路トンネルの施工，土木施工，42巻12号, pp. 9-15, 2001.

2) 高橋正則，石田芳行，桑原清：非対象大断面ニューマチックケーソン連続施工における周辺地盤の影響について，第29回 関東支部技術研究発表会講演概要集, pp. 424-425, 2001.