

# 首都高速道路の建設技術

— 昭和・平成を振り返り、令和へ技術を継承する —

首都高速道路(株)技術部技術推進課長 白鳥 明

## 1. 概要

首都高速道路の整備は、今からちょうど60年前の1959年6月の公団設立に始まり、1964年の東京オリンピックの際には、約33kmがオリンピック道路として供用された。ネットワーク整備は概ね3段階に分けられる。第1期(1962年～)は、都心環状線と放射方向の路線の整備、第2期(1971年～)は、都市間高速道路との接続、そして、平成の時代である第3期(1989年～)は、湾岸線や中央環状線などの機能的ネットワーク整備が進められた時代である(図-1)。

首都高速道路整備の草創期から、橋梁、トンネルの新しい技術を導入して建設が行われてきた。オリンピック道路として整備された中では、1号羽田線の沈埋トンネル、江戸橋ジャンクションでの剛結構造、三宅坂ジャンクションでの地下構造の採用などが代表的な事例である。ま

た、当時はまだ新しい技術であったPC橋が積極的に採用されたのも特徴的である。昭和の終わりには、斜張橋のかつしかハープ橋、平成に入ると横浜ベイブリッジ、レインボーブリッジ、鶴見つばさ橋、五色桜大橋などの長大橋が建設・供用された。現在の首都高ネットワークの約8割を占める高架構造は、その時々最新の技術を駆使して建設されてきたわけである。

一方、トンネルについては、草創期から多くのトンネルが建設され、加えて、社会的な要請を背景としたトンネル構造形式の採用により、都市内トンネル建設技術の発展をみることができた。

現在は、首都高ネットワークが概成され、既設構造物の補強・改築を伴うジャンクションの建設・改良や、大規模修繕・更新事業を進める段階となってきた。

本稿では、これまでの首都高速道路の建設技術を、橋梁、トンネルの構造形式

別に振り返り、新しい令和の時代へとつなげる技術の一端をとりまとめることとしたい。

## 2. 橋梁の技術

### (1) 草創期<sup>1,2)</sup>

草創期における鋼橋の建設技術の特徴としては、橋桁と横梁の剛結構造、高張力鋼の採用などがある。桁、橋脚横梁、橋脚を一体化したラーメン構造とすることで、狭隘な空間での複雑なジャンクション建設を可能とした。江戸橋ジャンクションでは、日本橋川内に設置する橋脚を極力減らす必要があった(写真-1)。平面・縦断的にも制約が多く、柱の位置・本数も制限される中、構造形式選定の参考とするため、当初計画段階では橋梁メーカー20社からアイデア募集も行った。最終的に剛結構造が採用され、橋脚本数を計画時の3分の1程度に減らすことができた。

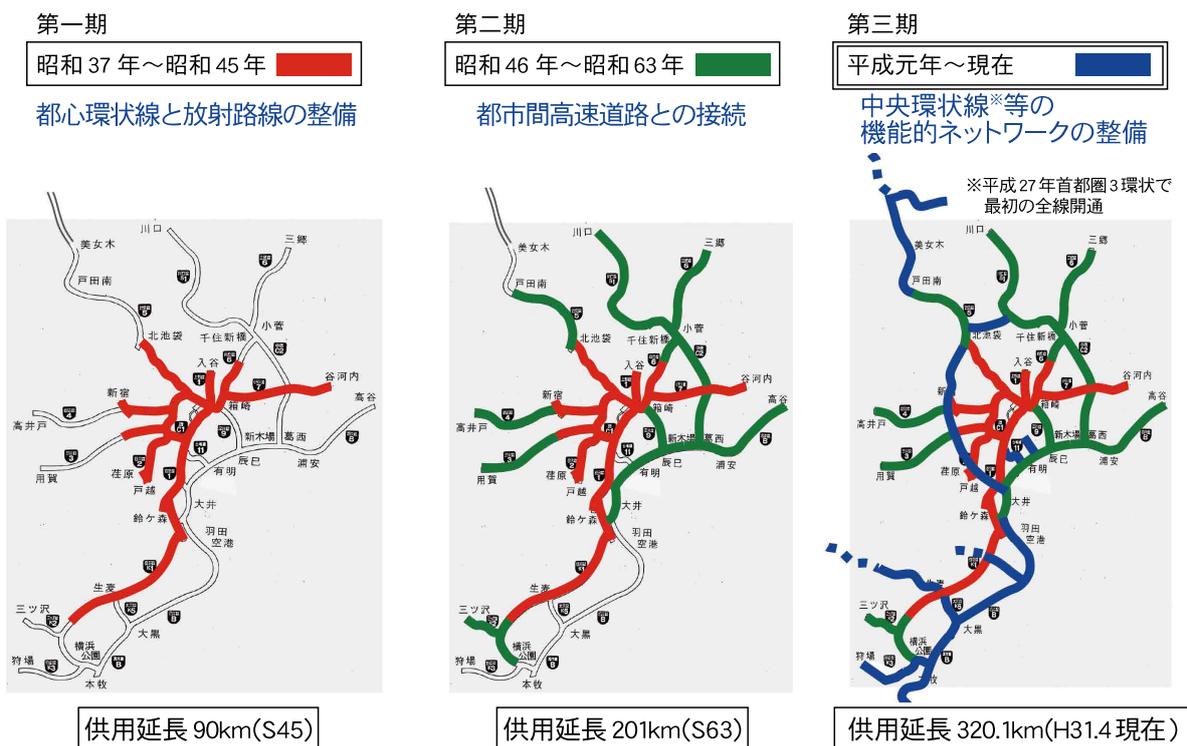


図-1 首都高速道路ネットワークの変遷

また、隅角部等の板厚が極厚化する箇所に対しては、高張力鋼（60キロ鋼、SM58材）を適用し、薄板化が図られた。シェアラグ（せん断遅れ）などの不均一な応力について、実験等により確認が行われ、隅角部の構造や設計法が確立された。

江戸城の面影を残す弁慶堀沿いに架設された赤坂見附高架橋は、周辺環境との調和や重圧感の低減など、景観へ配慮し設計された（写真-2）。当該橋梁は、建設時に供用していた都電の運行や、都電廃止後の街路の幅員確保に支障を来さないように橋脚位置や形状が制約された。構造形式は3径間連続鋼箱桁で、橋脚横梁を無くすべく、橋脚上の主桁内部に横梁を埋め込む形式とされた。橋脚は、直径1.25mのスレンダーな円形鋼橋脚とし、高張力鋼（50キロ鋼、60キロ鋼）が積極的に採用された。

両国ジャンクションは、隅田川上から堅川水門間に建設された6号線・7号線の分合流部を形成し、橋脚設置位置の制約から、6号線上りについては、本来であれば3径間連続桁とすべきところが、支間43mと100mの大きく偏った2径間連続桁となった。平面曲線の最も厳しい箇所に支点が設けられず、ねじりによるたわみを抑える必要があり、6号線上を跨ぐ7号線の鋼床版箱桁から6号上り線をケーブルで吊り下げる構造を採用した（写真-3）。なお、ケーブル全てが破断したとしても死荷重分は鋼桁のみで支持できるように設計されている。

日本で最初に架橋された本格的なPC橋は、1954年に完成した支間長30mの鉄道橋の第一大戸川橋梁である。それから間もない首都高速道路の草創期には、数多くのPC橋が積極的に採用された。鋼橋と比較して安価で、維持管理性の観点からも優れていることから、都市内であっても建設、構造上の制約があまり厳しくない箇所、地盤条件が良いところで採用されてきた。

1号羽田線の芝浦料金所付近には、主桁のプレストレス導入方法にBBRV工法が用いられ、SUダンパーを用いて地震時水平力を各橋脚へ分散させるPC連続桁橋が1963年12月に供用されている（図-2）。SUダンパーは、PCケーブルで桁と橋脚を連結し、地震力を全支承に分散させること、桁の温度変化による変形を緩和する等の効果がある。

目黒架道橋は、わが国初のプレキャスト



写真-1 江戸橋ジャンクション（建設中・開通後）



写真-2 赤坂見附付近高架橋

写真-3 両国ジャンクションの吊下げ構造

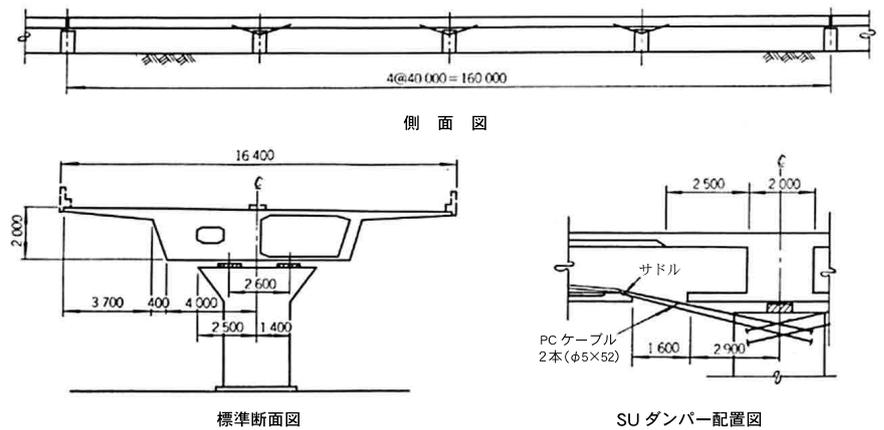


図-2 芝海岸通高架橋（SUダンパーを使用したPC連続橋）



写真-4 目黒架道橋（プレキャストブロック）



写真-5 渋谷高架橋（ディピダグ工法）

ブロックカンチレバー工法（ブロック工法）による3径間連続PC箱桁橋で、中央径間部は主要街路・都電を跨いでおり、桁をブロック状に製作し、クレーンにより架設し、エポキシ樹脂にて接合・プレストレスを導入して張出していく工法である（写真-4）。張出し架設中と

連続化後で変化する構造系に対し、クリープおよび乾燥収縮の影響について実験による検討が行われた。また、中央径間の両側は固定支承で連続ケーブルの緊張によるプレストレス力が桁に入りにくい構造のため、あらかじめ中央のブロック間にフラットジャッキを埋め込み、閉合



写真-6 V橋脚立体ラーメン橋・多径間連続鋼箱桁橋



写真-8 高島平高架橋 (SSM式移動吊支保工)



写真-7 辰巳高架橋 (Y字橋脚)

前に桁の中央のすき間が10mm程度になるように両側に押し広げられたうえで連結された。

渋谷高架橋はJR渋谷駅前に、ディビダグ工法により架設された橋梁である(写真-5)。JR線の跨線区間は鋼桁橋で、その両側に橋長144mおよび171mの3径間連続PC箱桁橋がそれぞれ架設された。中央径間の中央部にはせん断力を伝えるヒンジが設けられている。また、スパン割りの関係から側径間にカウンターウェイトを配置し、橋脚に曲げモーメントが生じるのを防いでいる。最小曲線半径250mの曲線橋を片持ち工法で架設した世界初の橋梁で、架設ワーゲンのカントに対する補正、移動時の方向転換のための補正が必要となった。また、景観への配慮から主桁ウェブを傾斜させたことで、型枠がねじられることとなり、型枠の製作・固定に課題が生じた。これらの経験がその後の片持ち架設工法に活かされている。なお、ディビダグ工法は、当時は都会では珍しく、小学校の教科書にヤジロベエ工法として紹介された。

## (2) 高架橋技術の発展期

1970年頃から昭和の終わりにかけて

は、多径間連続橋やV字型橋脚、Y字型橋脚などが採用された(写真-6)。葛飾川口線では、騒音の発生源となる伸縮継手を極力少なくすること、周辺景観に調和し、街路上だけでなく側面等を全体から見渡した時に違和感のない構造とするため、横梁を主桁と同一面に埋め込んだ8~12径間連続の多径間連続箱桁橋が採用された。地震時や温度変化による上部構造からの水平反力を分散させるため、中央橋脚の剛性を最も大きくし、端部に向かうに従って小さくなるよう、躯体幅、杭の本数、間隔および径を変化させている。

また、辰巳高架橋ではY字橋脚が採用された(写真-7)。当該箇所は、地盤が悪いことから、耐震性を考慮し立体ラーメン構造とした。また、湾岸線との合流部では30m程度の高橋脚となり1本柱では構造的に不安定となるため、断面方向にY脚とし橋軸直角方向の安定を図った。Y字で斜交する隅角部は経験がなく、FEMや模型実験等を行い、補強を加えた。また、縦断線形の変化への対応は、景観上の不揃いを避けるためY脚と桁で構成する三角形形状を一定に保ち、柱部分の高さで調整されている。

この時期のPC橋については、移動型

枠支保工による架設、ピルツ工法の採用などが特徴である。高島平高架橋は、3径間連続PCホロスラブ橋で、SSM式移動吊支保工が用いられた(写真-8)。本工法は、海外での施工方法を参考に、わが国において初めて開発された場所打ちコンクリート橋梁用の自走式仮設機械による施工方法であり、従来工法に比べて急速施工、施工の合理化が図られ、施工管理等の観点からも大きな改善がみられた。

浮塚高架橋は、橋長約400m、支間45mの9径間連続PC2主箱桁橋で、構造的にはPCストランドを用いた免震ダンパー(SUダンパー)を用いて地震力の分散を図っており、施工面では大型移動吊支保工により橋脚上での連続作業が行われた。

## (3) 機能的ネットワーク整備時代の橋梁

1971年に完成した小松川橋梁は、首都高初の斜張橋であり、全国的にも4番目に架設されたわが国における初期の斜張橋である。その後、1978年には、全長840m、中央支間150mの7径間連続ゲルバートラス橋の高速荒川湾岸橋が完成し、1987年には、S字曲線をなす主桁と高さの異なる親子2本の塔で構成された世界的にも珍しい斜張橋のかつしかハープ橋が完成した。そして、橋長860m、中央径間460mの3径間連続ト



写真-9 かつしかハーブ橋・横浜ベイブリッジ



写真-10 レインボーブリッジ



写真-11 鶴見つばさ橋



写真-12 五色桜大橋

ラス斜張橋である横浜ベイブリッジは、1981年から建設が進められ、1989年に開通した(写真-9)。

平成に入ると、橋長798m、中央径間570mの3径間2ヒンジ補剛トラス吊橋であるレインボーブリッジ(1993年8月供用)、橋長1,020m、中央径間510mの1面吊りの3径間連続斜張橋である鶴見つばさ橋(1994年12月供用)、荒川渡河部に位置する橋長142mのニールセンローゼアーチ橋である五色桜大橋(2002年12月供用)などの長大橋が建設・供用された(写真10~12)。

レインボーブリッジは、橋長798m、中央径間570mの3径間2ヒンジ補剛トラス吊橋で、1993年8月に供用した。ダブルデッキ構造で、上層は首都高速道路、下層には臨港道路、新交通システム(ゆりかもめ)、遊歩道が設置されている。羽田空港近傍のための主塔高さ制限、東京湾を往来する大型船航路確保という立地条件から、つり橋形式が採用された。主塔基礎はニューマチックケソン工法で行われ、主塔のデザインは、道路階よりも上には水平梁などの視界を阻害する構造を設置しない形式が採用された。特に、下部構造については、軟岩である土丹層が支持地盤となることから、基礎の長期変形を高精度で予測解析する手法が用いられ、設計施工に反映された。また、アンカレイジのマスコン対策には、液体窒素による冷却骨材を用いたブレーキングおよびパイプクーリングが採用され

た。上部構造については、側径間長の中央径間長に対する比率が0.2と小さく、ケーブル張力差によって生じる滑動(ケーブルスリップ)が懸念されたため、塔頂サドル内に水平摩擦板を設置するなどして、摩擦抵抗面積を増加させる対策を行った。

鶴見つばさ橋は、橋長1,020m、中央径間510mの1面吊りの3径間連続斜張橋で、1994年12月に供用した。都市計画決定時(1978年)には、3径間ゲルバートラスダブルデッキだったが、その後の橋梁技術の目覚ましい進展により、斜張橋に見直しが行われた。

基礎については、洪積層を支持地盤とするニューマチックケソンで、沖積層が厚く堆積し多柱式基礎を採用した横浜ベイブリッジとは異なる。また、横浜ベイブリッジでは、ダブルデッキの下層に国道357号が供用されているが、鶴見つばさ橋では、首都高と国道が並列する計画のため、将来、同一形式の橋梁が並列することを景観性の観点から考慮して、1面吊りの斜張橋として構造形式が採用された。大黒ふ頭~扇島間の鶴見航路を結び、逆Y字型の主塔が特徴的で、主塔高・全長で横浜ベイブリッジを凌ぐ規模である。横浜ベイブリッジとともに、鶴見つばさ橋は横浜ベイエリアのランドマークとして親しまれている。

五色桜大橋は、荒川渡河部に位置する、橋長142mのニールセンローゼアーチ橋で、2002年12月に供用した。構造形式

の選定から、構造ディテール、塗色に至るまで幅広く景観検討が行われた。特に、外部から構造物を見る景観(外部景観)だけでなく、ドライバー視点からの走行時の景観(内部景観)にも配慮して検討された。外部景観については、周辺構造物との連続性確保の観点から、荒川下流直近に架橋されている一般街路のアーチ橋を考慮し、同形式の橋梁が採用された。内部景観については、上層を走行するドライバーの視点から圧迫感を軽減させるため、アーチ橋の上横支材を配置しないこととし、開放的な走行空間を確保した。なお、上横支材を配置しないことの補完のため、アーチリブの構造幅を増加させることで対応した。

一方、首都圏3環状のなかで都心側に位置する首都高速中央環状線の西側区間は、1970年に高架構造で都市計画決定の手続きに着手するも環境問題等で休止となり、1990年にトンネル構造として都市計画決定されたという経緯がある。西新宿ジャンクションまでの区間は2007年、大橋ジャンクションまでが2010年に開通し、2015年に山手トンネルとして全線開通した。この間、山手トンネルと4号新宿線や3号渋谷線との接続部を形成する特徴あるジャンクションが建設された。

また、中央環状線全線開通に伴い、ボトルネック対策として、堀切小菅ジャンクション間改良、板橋熊野町ジャンクション間改良を実施した。いずれも既存の3車線を4車線に拡幅する事業である。河川堤体内に位置することによる制約、既存構造物による制約等、さまざまな困難を克服すべく、新しい技術を開発適用しながら設計・施工が行われた。

国道20号上に位置する4号新宿線と、国道と直交する山手通りの地下に建設される中央環状線(山手トンネル)を連結する西新宿ジャンクションは、2007年

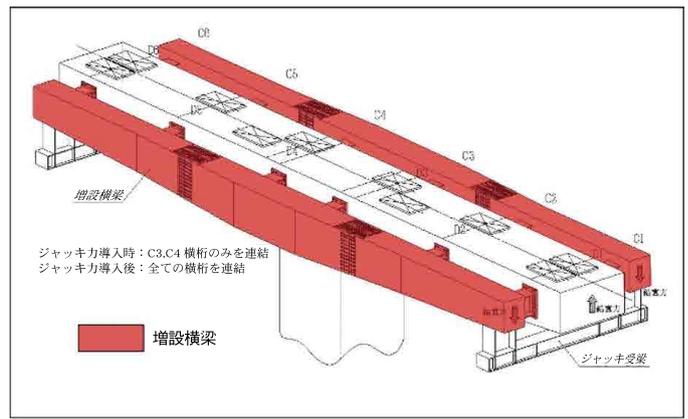
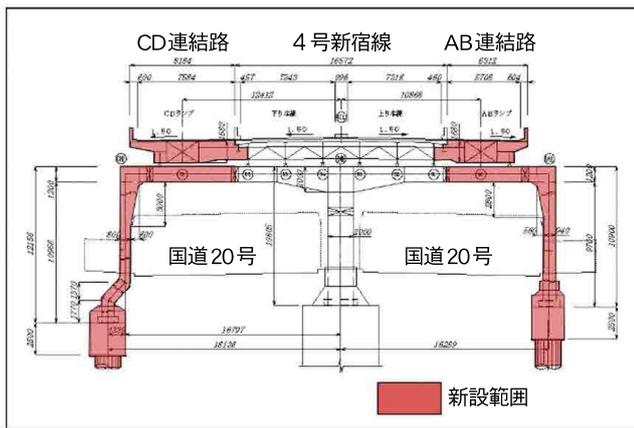


図-3 西新宿ジャンクションの既設橋脚補強例<sup>3)</sup>



写真-13 大橋ジャンクション

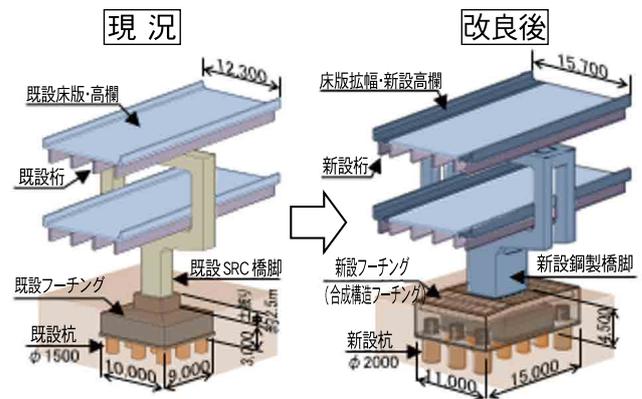


図-4 板橋熊野町ジャンクション間改良 (サンドイッチ工法)<sup>4)</sup>

に供用された。橋脚基礎の設置位置は、街路や地下埋設物等の関係で制約があり、橋脚形状は、街路の建築限界や4号新宿線との位置関係から屈曲部を多く持つ幾何学的に複雑な形状となった。4号新宿線との分岐合流部である「既設高架橋接続部」では、上部工の一体化により生じる荷重増への対応として、既設T型橋脚の3本柱橋脚への改造、既設のT型橋脚への横梁増設などの補強を行った(図-3)。特に、増設横梁については、設置時に空中でジャッキアップを行い、プレストレスを導入するなどの処置を行った。

中央環状線と3号渋谷線を連結する大橋ジャンクションは、2010年に供用した(写真-13)。通常のクローバー型のジャンクションとせずループ状の線形を採用することにより用地の最小化を図った珍しいジャンクションである。ループ部はRC構造で屋上には目黒区が管理する公園が設置された。ループ部と3号線の上下方向を結ぶ橋梁は鋼床版箱桁・鈑桁が架設された。特に、都心側と接続するB・D連結路は曲線半径が小さく、ループ躯体側のアバットでは、橋梁に生じる

負反力対策としてアウトリガー構造とし、さらにカウンターウエイトとして比重が大きい鉄粉が箱桁内に投入された。支承は、常時作用する大きな水平力に対して、RC反力壁と縦置きした鋼製スライド沓を水平支承とする構造とした。

板橋熊野町ジャンクション間改良事業は、中央環状線と高速5号池袋線の接続部の約520mの区間を3車線から4車線に拡幅するものである。当該区間の高架橋は、ラケット式橋脚のダブルデッキ構造のため、下層を拡幅するにはラケット橋脚の柱部分が支障となる。このため、既設橋脚を一回り大きい2本の新設橋脚で前後を挟み込んで上部構造を受け替えた後、既設橋脚を撤去する「サンドイッチ工法」を開発し採用した(図-4)。

### 3. トンネルの建設技術

#### (1) 草創期

1964年の東京オリンピックまでに建設された約33kmのうち、約67%が高架構造、約29%がトンネル・掘割構造で、現在のネットワーク全体の構造物比率である高架77%、トンネル・掘割約15%

と比べると、当時はかなりの割合でトンネル・半地下構造を構築していたこととなる。数字のとおり、1964年までに供用したトンネルは、羽田トンネル、千代田トンネル、霞が関トンネル、青山トンネル、北の丸トンネル等で、1964年はトンネル建設ラッシュだった。羽田トンネルでは「沈埋工法」を日本で初めて採用し工期短縮を図った。延長300mのうち沈埋函部分は56mで、その両側にケーソントンネルを台座として配置し、函体を沈設させた(写真-14)。継手部は、ネオプレンゴムやスポンジゴムなどにより水圧を利用して止水したうえで内部から継手を構築した。

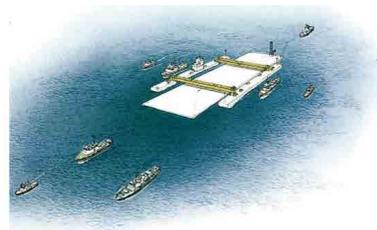
また、三宅坂ジャンクションは、皇居に隣接しており、景観上、警備上の理由から高架構造は一部にしか採用されず、世界で唯一の地下ジャンクションとして、初めての地下分合流トンネル構造を採用した。2層構造のトンネルで、トンネル上に高架橋の橋脚が上載されるなど、ジャンクションという性格上、複雑な構造となっている。



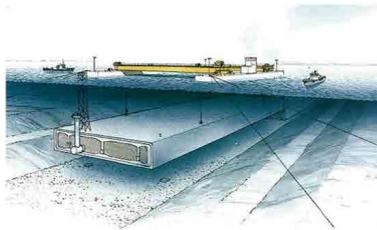
写真-14 羽田トンネルの沈埋函



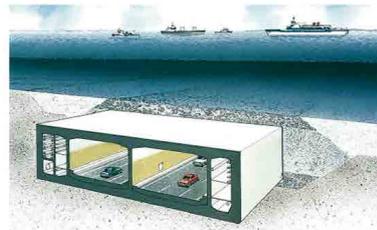
沈埋函の制作(ドライドック内)



沈埋函の現地への曳航(MEXビーバー船)



沈埋函の沈設・水压接合



沈埋函の埋戻し

図-5 沈埋トンネルの施工(多摩川トンネル・川崎航路トンネル)

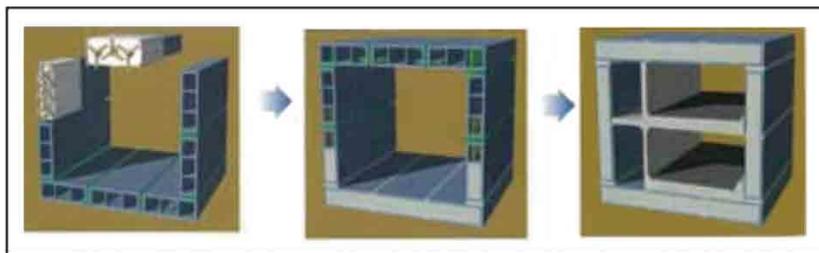


図-6 MMSTの施工ステップイメージ

## (2)トンネル技術発展の黎明期

1970年代から昭和の終わりにかけては、東京駅に隣接し、鉄道、地下鉄、河川等との近接施工となった八重洲トンネルや、沈埋工法を用いた東京港トンネルが建設された。八重洲トンネルは、JR山手線・京浜東北線、常盤橋橋台背面、日本橋川、外堀通り等の下を通り、東京高速道路KK線に接続している。JR線下越部では、あらかじめ側壁を部分的に深礎工法で構築し、側壁を基礎にして支保工を組んで軌道荷重を盛替え、開削工法で

施工した。また、アーチ橋である常盤橋の橋台背面直近に土留工が施工され、開削により橋台が水平移動を生じる可能性があった。このため、常盤橋の復元設計により求めた橋台部の水平力を受け持たせるように、追加でアースアンカーを土留工に設置した。

東京港トンネルでは、ドライドックで構築された長さ115m・重さ38,000tのエレメント9函を沈設現場まで曳航し、所定の場所に沈設・水中接続して延長1,035mのトンネルを構築した。軟弱地

盤内に浅く建設された大型沈埋トンネルは世界初の試みで、動的解析による耐震設計、基礎充填工法の開発、継手工法として柔構造継手を開発したことなどに特色がある。

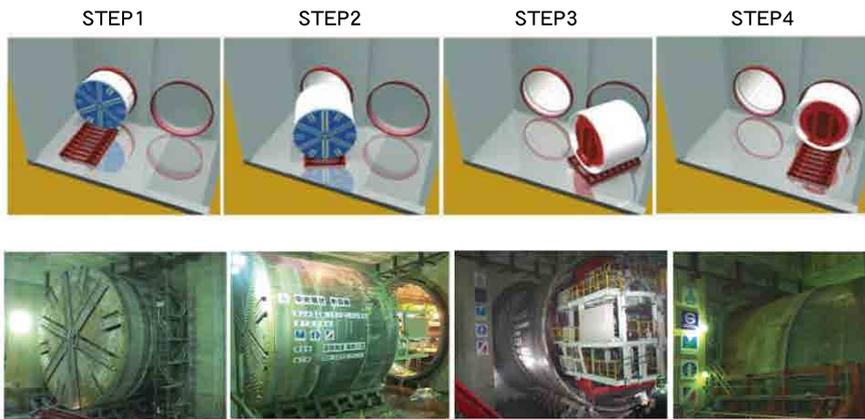
## (3)トンネル技術の発展期

機能的ネットワーク整備が行われた平成の時代には、湾岸線で沈埋工法による多摩川・川崎航路トンネルが建設された(図-5)。川崎航路トンネルは、131m/函体×9函体で1,187m、多摩川トンネルは、128m/函体×12函体で1,543mのトンネルが構築された。両トンネルは、耐震性を向上させるため、沈埋函相互の間に、ゴムガスケット、継手連結ケーブル、水平・鉛直せん断キー、二次止水ゴムで構成される可撓式継手を設けている。

また、飛鳥山トンネルでは、明治通り部の開削工法、飛鳥山公園部の都市NATM工法、JR区間のHEP&JES工法が採用された。さらに、道路トンネルとしては日本最長の18.2kmの延長となる山手トンネル(中央環状新宿・品川線)、川崎縦貫線のMMST工法によるトンネル、横浜北トンネルと現在建設中の横浜環状北西線トンネルの整備が進められた。

MMST(Multi-Micro-Shield Tunnel)工法は、矩形シールドでトンネルの側壁・上下床版を非開削で構築・トンネル外形を形成し、トンネル内を掘削し内部構築を行うもので、用地制約がある場合であっても大断面のトンネルを構築することができ、シールドの間隔を調整することで断面変化にも対応可能な工法で、川崎縦貫線にて採用された(図-6)。

山手トンネルのうち、中央環状新宿線(5号池袋線～3号渋谷線間)のトンネル区間は延長約10kmで、そのうちの約8割にシールド工法が採用された。トンネル構造は、当初は断面変化に柔軟に対応でき、非開削工法よりも経済的な開削工法として計画されたが、沿道環境へ与える影響が大きいことから、非開削工法が検討された。新宿線は、出入口間隔が短いことから、従来の概念ではシールド延長が短くなり経済性に課題があった。これに対し、出入口部の本線部分をシールドで先行施工し、後から出入口部を構築する切開き工法の開発、シールドマシンの有効活用のためのUターン施工(図-7)の開発により、シールド主体の工法に変更することができた<sup>5)</sup>。シールド



シールド引抜き (到達抗口より引抜き)    シールド回転開始    シールド回転完了 (再発進抗口へ移動)    シールド再発進 (発進抗口より再発進)

図-7 シールドマシンのUターン施工

表-1 大規模修繕・更新事業一覧

区分	路線	対象箇所	延長	供用年度	事業年度
大規模更新	1号羽田線	東品川棧橋・鮫洲埋立部	1.9km	1963	2014~26
		高速大師橋	0.3km	1968	2015~23
	3号渋谷線	池尻～三軒茶屋	1.5km	1971	2015~27
	都心環状線	竹橋～江戸橋 (日本橋区間)	2.9km	1964	2015~28
		銀座～京橋 (築地川区間)	1.5km	1962	2015~28
	小計		8km	—	
大規模修繕	3号渋谷線, 4号新宿線 他		55km	—	2014~24
	合計		63km	—	

切開き工法 (写真-15) には、開削工法・非開削工法があり、設計法の検討、セグメントと躯体接合部の模型実験、施工性試験等を実施して実用化させた。また、新宿線シールド9工区のうち7工区では泥水式シールドを採用したが、残り2工区では泥土圧式シールドを採用した。なお、工事発注時点では、大断面泥土圧シールドとしては世界最大級の外径 (12.02 m) だった。シールドトンネルの耐火構造については、コスト縮減のため2次覆工を省略し、耐火版を設置することとした。その後、品川線のコンクリートセグメントでは、コンクリートにポリプロピレン繊維を混入することで爆裂を避ける構造とした。

新宿線のシールド工事の設計・施工に関わる技術・経験が、その後の品川線、横浜北線、横浜環状北西線に活かされている。品川線・横浜北線では、泥土圧シールドによる長距離掘進 (8 km、5.5 km) が達成された。

#### 4. おわりに

本稿では、昭和・平成時代の首都高速道路の建設技術を振り返った。首都・東京を中心に、都市内という厳しい条件の中、それぞれの時代において創意工夫を凝らし、新しい技術を積極的に取り入れて、課題解決に取り組みながら建設事業を推進してきたことが改めて実感される。また、平成には、兵庫県南部地震、東北地方太平洋沖地震、熊本地震などの巨大地震を経験し耐震補強が進められ、さらには、笹子トンネル天井板落下事故を契機として、社会全体として本格的なメンテナンス時代への転換を迫られた時代でもあった。新規路線の建設の時代から、蓄えられた社会インフラをメンテナンスあるいは更新する時代へと変遷していく中で、これまで培ってきた建設技術をフィードバックさせて、より良いものを作り出していくことが求められる。

現在、首都高では大規模修繕・大規模更新事業を推進している (表-1)。大



写真-15 シールドトンネル切開き

規模更新事業の5区間のうち、東品川棧橋・鮫洲埋立部、高速大師橋、池尻～三軒茶屋区間では、工事で手済みである。

今後、維持管理・更新のみならず、首都直下地震などに対する事前防災の取り組みなど、技術者には、より高度で総合的な技術力が求められる時代となる。いついかなる時も東京圏の交通インフラとしての機能を果たすことは、首都高速道路に求められる社会的責任であり、これまでの昭和・平成の時代に培ってきた建設技術を、新しい令和の時代へとつなげ、その責務を果たしてまいりたい。

#### 【参考文献】

- 1) 「首都高物語」 (青草書房, (一助) 首都高速道路協会 企画・制作, 2013. 9)
- 2) 平林泰明ほか, 「首都高速道路の橋梁50年」, 橋梁と基礎, 2014. 8
- 3) 白井恒夫, 「中央環状新宿線の既設橋梁との接続」, 土木学会第12回鋼構造と橋に関するシンポジウム論文報告集, 2009. 8
- 4) 染谷厚徳ほか, 「板橋熊野町JCT間改良工事における橋梁設計」, 土木施工, 2018. 4
- 5) 「特集: 大都市の地下を貫く道路」 基礎工, 2007. 12