

1968

1968年竣工当時の
霞が関ビル

低いビルや住宅が密集していた東京で、高さ147メートル36階建ての霞が関ビルはひととき目をひいた。

写真提供：三井不動産(株)

レガシーの継承

進化を続け、輝きを放つ 都市インフラ

1964年の東京オリンピック開催前に東海道新幹線や首都高速道路などの交通機関が相次いで開業、開催後の1968年には高さ100メートルを超える日本初の超高層ビル・霞が関ビルが竣工するなど、東京のインフラ整備が大きく進んだ。現在も日本経済を支えているこれら都市インフラが、どのような技術によって出来上がったのか。レガシーとして引き継がれ、進化を続け、輝きを放つ都市インフラに迫る。



建設中の
霞が関ビル

開業して間もない東海道
新幹線と工事現場

写真提供：三井不動産(株)

2020

現在の霞が関ビル (中央)

エリア一体で広場をつくり、
ビジネス街に新たな景観を
つくり出した。



写真提供：鹿島建設(株)

日本の超高層ビルのあけぼの 霞が関ビル

柳が風を受け流すように、
地震の振動を吸収して逃がす

今や50階を超えるオフィスビルやマンションは珍しくなくなった。日本の都市インフラは、超高層ビルなくして語ることはできない。しかし1963年に建築基準法が改正されるまで、建物の高さは31メートル以下に制限され、7〜9階建て程度しかつくれなかった。1923年の関東大震災で高さ52メートル12階建ての浅草凌雲閣が崩壊したことによって、高層ビルは倒壊リスクが大きいと認知されたからだ。

こうしたなか、1964年の東京オリンピック開催が決まると、ホテルなどの建設が加速し、ビルの高さ規制が緩和された。そして高度経済成長期を迎え、東京では増え続けるオフィスの確保や都市景観の整備が求められ、高さ100メートルを超える日本初の超高層ビル建設への挑戦が始まった。

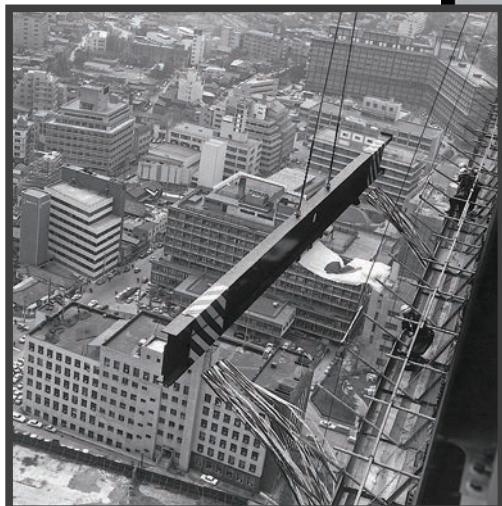
「建物が地震力に耐える構造架構として、『剛構造』と『柔構造』という2つの考え方があります。剛構造は建物自体を強固にして、その強さで地震時の振動を受け止めて耐えるように設計された構造をいいます。霞が関ビル以前の建物は、剛構造の鉄筋コンクリート造が耐震上最も優れ、さらに鉄骨を鉄筋コンクリートで被覆したものなら万全とされてきました。しかしビルの高さが高くなるほど柱や梁ばかりで室内空間が埋め尽くされることになり、オフィスとしての価値は向上しません。

一方、柔構造は柳が風を受け流すように、地震時の振動を柔らかく吸収して逃がし、建物自体に破壊力として加わらないようにした構造です。ビルの重量を支える柱や梁は鉄骨で頑丈につくるものの、コンクリートで重く固めることは避けて軽量化するつくりをしています。内側に広い室内空間を確保でき、オフィスとして使いやすくなるうえで、超高層ビル建設は柔構造理論に基づく鉄骨造が望ましいと考えられています。

ところが霞が関ビルプロジェクトが始動した1960年当時、観測地震動の波形の研究やコンピュータを使った計算が始まったばかりで、当初どのように設計したらよいかわかりませんでした。地震国日本で超高層ビルの構造設計は夢のまた夢と言われていましたが、東京大学名誉教授の武藤清博士を鹿島建設に迎え、大型コンピュータで世界中の地震データに基づく耐震構造の検証を重ね、設計用地震動のあり方を追求しました。その結果、柔構造を用いることで高さ147メートル36階建ての超高層ビル建設を可能にする構造設計を完成させました」(鹿島建設・黒川泰嗣執行役員)



鹿島建設(株)
執行役員 建築設計本部 副本部長
黒川 泰嗣氏



写真提供：鹿島建設(株)



写真提供：鹿島建設(株)

セルフクライミングタワークレーン

躯体工事の進捗に合わせて、シャクトリムシのようにクレーンが上昇(クライミング)していく。
何トンにもなる重い資材を、100メートル以上の高さまで吊り上げる。

超高層ビルのプロトタイプとして 受け継がれる技術

1965年3月に起工式が挙行され、1966年7月から鉄骨建方工事が始まった。柱には大型厚肉H形鋼、梁にはスパン15・6メートルの「長大ハニカムビーム」※1が用いられた。全鉄骨重量1万5000トンのうち、73%にあたる1万1000トンの鋼材が極厚H形鋼と大型H形鋼で構成された。それまで国産H形鋼は土木に用いられることはあったが、高い精度を必要とする建築にはまだ採用されていなかった。鹿島建設の技術研究所と富士製鉄(現在の日本製鉄)が検討を重ね、高精度のH形鋼が製造できるようになり、高張力鋼で部材耐力を増強した大型厚肉H形鋼を柱に採用することで、室内に柱のない快適な執務空間を実現した。またハニカムビームは普通のH形鋼を波形に切断して、切り離した鉄骨の1本をひっくり返し、互いの山同士が接するように溶接すること、短期間での製作を可能とした。

「当時これだけ大量の新材料が採用されたことは構造計画上、鋼材の製造上および鉄骨の製作上の技術的裏付けに支えられたものであることは言うまでもありません。霞が関ビルは日本で最初の鉄骨造超高層ビルであったため、鉄骨の精度や検査に関する共通の指針や基準類もなく、工程を計画するための建設データも皆無でした。必要な精度基準、検査方法、建設データなどはまったくの手探りですべて検証・確立し適用せざるを得ませんでした。いろいろ



鹿島建設(株)
常務執行役員 建築管理本部 副本部長
伊藤 仁氏

伝統と品格を備えながら、

な面で不便なことがあったゆえに、当時の現場担当者をはじめ建設にかかわった作業員や職人のプロ意識は高かったかもしれません。のちの超高層ビルに適用され引き継がれるようになった技術やノウハウの基本を確立した先人たちに對して、現在を生きる私たち技術者は大いに敬意を表すべきと考えます。

霞が関ビルは日本の超高層ビル時代の幕開けを飾るビルとして、また超高層ビルの記念碑あるいは象徴的な存在と位置付けられています。その背景として「天・地・人」の後押しがあったからだと思われれます。天・地・人とは、東京オリンピックが終わった高度成長期の真ただ中に建設された「天の時」、霞が関・虎ノ門という東京の代表的な中心地に建設された「地の利」、日本初の超高層ビルであるという人々の共通認識として記憶された「人の和」です。だから高さ日本一の記録が次々に塗り替わる超高層ビル全盛期の現代にあっても、決して色あせることなく、その存在感を示しています」(鹿島建設・伊藤仁常務執行役員)

※1 ハニカムビーム：梁のウェブ中央付近に六角形の穴が空いた梁。穴があることで軽量化でき、配管を通すこともできる。

時を経るにつれて成熟し、
価値を高めていく

1989
▼
1999
▼
2006
▼
2020



霞ダイニング

写真提供：鹿島建設(株)

周辺ビルの建て替えや建設に合わせて、一体的に商業エリアも全面リニューアル。オンオフの切り替えができる動きやすい空間づくりで、ビルの価値を高めている。



写真提供：鹿島建設(株)

部材のプレハブ化

H形鋼をはじめ、さまざまな部材を工場でプレハブ化し、部材接合にハイテンションボルト※2を使用することで、作業の単純化と大量生産を実現し、工期を短縮した。



写真提供：鹿島建設(株)

デッキプレート

作業床にすることで安全性を確保するとともに、本設材として使用することで資材運搬を省くことができ、生産性向上の一因となった。

ハイスペックオフィスとして稼働し続ける

1968年4月、土工^{どこうじ}工事着工から約32カ月という短工期で完成した霞が関ビル。その後50年を経過した今もなお第一線で活躍し、そのビルで9000人近くの人々が働き、1つの街として機能している。建物は時が経つにつれて古くなり、技術の進歩や時代のニーズの変化が起る。霞が関ビルも例外ではないのだが、改修・リニューアルを行うことで利用者のニーズを捉えて変化していき、さらなる付加価値の創出を実現し、利便性を高めるソフトサービスを意識したビルの価値を高めて続けている。

「他の最新鋭ビルと比べても常に競争力を維持するべきとの観点から、通常の維持保全工事に加えて、これまで1989年、1999年、2006年と3回にわたる大規模リニューアル工事が実施され、鹿島建設はその設計と施工にも携わってきました。

所有者である三井不動産(株)は、リノベーションのパイオニアとしてあり続けるという自負と意思を持ち、霞が関ビルを良好なオフィスストックとしていくことを経営判断しています。そして新築後に年月が経つほど悪くなる劣化ではなく、良くなる「優化」を旨とする「経年優化」の思想のもと、伝統と品格を備えながら、時代に即したハイスペックオフィスを稼働し続けることを目指しています。こうしたニーズに応えるため、鹿島建設はよいものをつくることはもちろん、適切な時期に適切な処置を施し、



鹿島建設(株)
常務執行役員 建築設計本部 副本部長
田名網 雅人氏

より長く使っていたりするためのリニューアル事業も展開しています。

現在、最新の建築技術によって、東京の景観や機能は大きく変わろうとしています。日本の都市のポテンシャルの高さを世界に発信するため、オフィス機能の単なる拡大ではなく、多様な機能が備わった都市拠点形成することにより、激化する国際都市間の競争に勝ち抜き、人・モノ・カネ・情報を呼び込むアジアの拠点、イノベーションセンターとすることを目指しています。また世界との都市間競争ばかりでなく、東京は街ごとの個性をつくらうとしています。渋谷はネクタイのない街としてIT系の会社が集まり、大手町は金融系、日本橋は医薬系の企業の集積、虎ノ門では外資系の集積、竹芝や池袋などそれぞれ個性的な街になってきました。こうした都市づくりに寄与するため、これからも良質な建築物を多く世に送り出していきたいと考えています(鹿島建設・田名網雅人常務執行役員)。

超高層ビルや大規模施設の建設需要は、今後ますます増大していくものと予想されている。建築技術と共に鉄もまた進化を続け、魅力的な都市づくりに貢献していく。

※2 ハイテンションボルト：一般のボルトよりも強度があることから建設現場で使用されることが多い。

大量輸送時代の幕開け



写真提供：鉄道博物館

1964年に開業した
東海道新幹線

東海道新幹線は日本の大動脈輸送を担い続け、経済成長を支えてきた。

より速く快適で安全な輸送の追求 東海道新幹線



写真提供：JR 東海



写真提供：JR 東海



写真提供：JR 東海



写真提供：JR 東海



写真提供：JR 東海

N700S

2020年7月から営業運転を開始する新型車両。SはN700系シリーズ中、最高の新幹線車両であることを意味する「Supreme(最高の)」を表している。

N700S

台車には高品質な
鉄鋼材料が欠かせない

東海道新幹線は1964年10月1日、10月10日の東京オリンピック開幕直前に開業した。それまで東京から大阪までの所要時間は特急でも約6時間30分だったが、開業時に4時間、その1年後には3時間10分に短縮された。

「東海道新幹線が開業するまで、鉄道は時代遅れの乗り物というのが世界共通の認識であり、速達性では航空機に、利便性では乗用車に劣るとされてきました。東海道新幹線の安全で高速、かつ大量輸送の実現は、その認識を変えたと言えます」(JR東海・坂上啓次郎)

新幹線は0系から100系、300系へと進化し、東京・新大阪間を2時間30分で走行させるための技術革新が続けられた。例えば、新幹線は交流2万5000ボルトの架線からパンタグラフを介して受電し、動力や制御などの電源にしている。100系までは車両で交流から直流に変換し、直流モーターに供給するための大型機器を搭載する必要があった。またブラシと呼ばれる



東海道新幹線の台車について研究員と議論する坂上啓次長(右)



車両走行試験装置

写真提供：JR東海

新しい車両を支える技術開発

部品で回転部に摺動しながら電気を送っていたため、メンテナンスも容易ではなかった。しかし300系からは、パワーエレクトロニクスの進化によって交流の電流、電圧、周波数を制御できる装置ができたことで、小型で構造も簡単、軽量かつメンテナンスも楽な誘導電動機を使えるようになった。また再生ブレーキと呼ばれる仕組みにより、ブレーキ時に発生したエネルギーを車両の抵抗器で熱エネルギーとして消費することなく、架線に戻すことができるようになった。

「100系の最高速度は時速220キロでしたが、300系では車両性能の向上に加え、線路など地上設備の改良により時速270キロに、N700系では一層の軽量化推進と車体傾斜装置の搭載などを行い時速285キロへと速度



電車線試験装置(走行台車)

写真提供：JR東海

JR東海は愛知県の小牧研究施設で、東海道新幹線の将来を支える技術開発の推進や技術力の向上を図っている。

向上を実現してきました。特に300系で速度を向上するとき、沿線の地盤振動が増加することが懸念され、台車質量を約3割軽量化することが設計の大きな柱となりました。台車の主要構造は溶接で組み立てられるため、軽量化するには従来の溶接構造用圧延鋼材を変更したうえで、厚板を9ミリから8ミリとし、台車枠の強度と軽量化の両立を図りました」(坂上次長)

性能にさらに磨きをかける

東海道新幹線は従来の鉄道を構成していた要素技術の常識も変えた。その1つがATC(自動列車制御装置)の採用だ。従来の鉄道は運転士が地上にある信号機をその都度確認して走行していた。しかし新幹線は高速走行であり、運転士が地上の信号を確認するのは非常に困難だ。そこで車上の運転士の目の前に信号を表示し、制限以上の速度が出ないようにブレーキを自動制御している。またCTC(列車集中制御装置)の採用により、指令所ですべての列車の位置や分岐器の開通方向など多くの状況が一元把握できるようになった。

さらに新幹線の顔とも言うべき先頭形状も変化した。新幹線の先頭形状は、高速走行時の空気抵抗やトンネル突入時に発生する微気圧波が、車外騒音に大きく影響する。先頭形状をシャープなデザインにすることが有効ではあるものの、先頭部が長いと客室定員が減少してしまう。大量輸送のための定員確保



東海旅客鉄道(株)
総合技術本部 技術開発部 次長
坂上 啓氏

が大命題の東海道新幹線にとって大きな制約となる。そこで最新のコンピュータ解析や風洞試験などを繰り返し行うことで最適化が図られてきた。0系の先頭長は4・4メートル、100系は5・5メートル、300系は6・0メートル、700系は9・2メートル、N700系以降は10・7メートルまで伸びたものの、300系以降の定員は16両で1323人とすべて同じだ。

「東海道新幹線は、2020年7月に次期新幹線車両N700Sがデビューします。地震ブレーキ距離の短縮や状態監視機能の強化などによる安全性・安定性の向上、バッテリー自走システムなどによる異常時対応能力の強化を実現しています。今後も日本の大動脈である東海道新幹線を発展させるべく、安全・安定輸送の確保を最優先として輸送サービスのさらなる向上を図っていきます」(坂上次長)

東海道新幹線は、世界でも突出した輸送力を誇る。より速く、より快適で、より安全な輸送のために、これからも進化を続けていく。



首都高速1号羽田線の開通当時
東京オリンピック開催前の1964年
8月に開通した。



首都高速1号羽田線の 更新工事

高速道路のすぐ横に迂回路を建設することで、通行止めすることなく、交通への影響を極力軽減する更新工事が行われている。迂回路も鉄骨でつくられ、安全・安心な高速道路を維持している。

100年先の未来に向けて生まれ変わる 高速道路



首都高速1号羽田線の建設当時
用地買収の時間が十分になかったため、
家屋の密集地を避け、公共空間の京浜
運河で工事が進められた。



写真提供：首都高速道路(株)

日本は1950年代からモータリゼーションが急速に進展する一方で道路整備が遅れ、東京都心部では慢性的な交通渋滞が問題となっていた。建設省(現在の国土交通省)は1957年に「東京都市計画都市高速道路に関する基本方針」を決定し、その2年後に首都高速道路公団(現在の首都高速道路(株))が設立された。公団設立の1959年は、東京の道路整備をさらに後押しする出来事があった。5年後に東京でオリンピック開催が決まったのだ。そのころ羽田空港からメインスタジアムがつけられる代々木まで、車で2時間以上かかる状況だった。渋滞の緩和を目指して、急ピッチで高速道路の建設が始まった。

建設を後押しした 東京1964



1964年開通当時の
首都高速4号新宿線

左に1948年日本選手権水泳競技大会で古橋廣之進選手が世界記録を達成した明治神宮水泳場、右奥に中央総武線が見える。

写真提供：首都高速道路(株)

大規模な更新・修繕で 安全・安心な高速道路を維持する

高速道路は誕生から約半世紀、首都高で327・2キロ、全国では約1万2000キロに広がり、私たちの暮らしや社会経済活動を支える重要なインフラとなっている。その間、1995年の阪神淡路大震災で高速道路が倒壊したことを教訓に、橋梁など構造物の耐震補強対策が重点的に行われてきた。その結果、2011年の東日本震災では高架橋や橋梁が倒壊することなく、緊急輸送路としての重要な役割を担い、復旧・復興支援活動に大きく貢献した。着実に地道な補強やメンテナンスを行うことの重要性が再認識された。

「初めて首都高が開通したのは1962年12月、京橋・芝浦間4・5キロでした。築地川などの川床掘削を埋め立てて用地に使ったため、完成が早かったのですが、開通式の記録写真を見ると、関係者にまったく笑顔がありません。通常、高速道路の建設は用地買収後、構造物が出来上がるまで5年程度はかかります。それにもかかわらず、あと2年で約30キロを完成させなければならなかったからです。結局、オリンピック開幕目前の10月1日までに都心部から羽田空港まで開通しましたが、かなり綱渡りだったと思います。現場の人たちは生きた心地がしなかったはずです」(国土交通省・池田豊人局長)

こうしたなか、高速道路の約4割(首都高は約7割)が開通30年を超え、損傷や腐食など経年劣化によるリスクの高まりが懸念されている。高速道路は1970年代の高度経済成長期につくられたものが多く、過酷な使用状況と構造物の高齢化によって一斉に老朽化する時期が到来する。安全・安心な高速道路であり続けるため、これから10年かけて道路構造物をつくり替える大規模更新と、集中的に損傷を補修する大規模修繕が計画され、首都高で約8500億円、NEXCO東日本・中日本・西日本3社で約4兆円の事業が実施される。

「高速道路の構造物には大量の鉄が使われています。鉄の最大の敵は塩分で、老朽化の原因の1つになっています。その対策として、耐候性鋼材の利用が進んでいます。また凍結防止剤散布の影響を受ける寒冷地や塩害の厳しい海岸線の橋脚には、日本製鉄が開発した耐食鋼材(CORSPACE®)に代表される塗装延長鋼が採用され、長寿命化や維持管理費削減、塗装頻度削減による環境負荷軽減に貢献しています。これからは構造物の長寿命化とライフサイクルコスト削減に向けた維持管理の取り組みが重要になっていきます。

道路インフラは100年単位で考えなければなりません。近い将来、自動運転は高速道路で始まるものと思われる。トラックドライバーが不足するなか、先頭を走る車両だけ運転手が手

動で運転し、後ろの車両は無人運転で続く無人の隊列走行システムを実現することによって、新しい物流システムの構築が模索されています。来たる自動運転時代に備えて、高速道路インフラの整備が必要になります。サービスエリアでは隊列走行可能なトラックが荷降ろしし、それを荷揚げしたトラックが個別配達先に向かうためのハブ拠点の役割を担います。多くのトラックが集まるため、施設の立体化が求められます。また一般車両との事故発生を防ぐため、自動運転専用レーンへの合流部や出入口も立体化することになります。このとき100年使うことを前提に考えると、信頼性の高い国産の軽くて強い鉄が優位性を発揮します。これからも道路政策の質の向上に資する鉄の技術革新に期待を寄せています」(池田局長)

100年先の未来に向けて、高速道路は生まれ変わろうとしている。



国土交通省 道路局長
池田 豊人氏