

鉄道高架橋の技術的変遷を辿る

デザインのプロデュース方法を考えるために

畑山 義人¹・野澤 伸一郎²・南 邦明³・池端 文哉⁴・友竹 幸治⁵

¹正会員 JR東日本コンサルタンツ株式会社 (〒141-0033 東京都品川区西品川1-1-1, y-hatayama@jrc.jregroup.ne.jp)

²フェロー 工博 東日本旅客鉄道株式会社 (〒163-0231 東京都新宿区西新宿2-6-1, s-nozawa@jreast.co.jp)

³正会員 工博 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 (〒231-8315 横浜市中区本町 6-50-1, minami.kun-e27b@jrtt.go.jp)

⁴正会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社 (〒101-8462 東京都千代田区神田錦町3-22, bunya.ikehata@tk.pacific.co.jp)

⁵正会員 JR東日本コンサルタンツ株式会社 (〒141-0033 東京都品川区西品川1-1-1, tomotake@jrc.jregroup.ne.jp)

筆者らは、鉄道橋・鉄道高架橋の景観デザインを向上させ、併せて駅付近や沿線のまちづくりに貢献できる鉄道インフラのあり方を研究することを目的として、土木学会景観・デザイン委員会に鉄道橋小委員会を設立した。本文はその活動の端緒として、わが国の鉄道高架橋の技術的変遷を辿り、わが国独自の鉄道高架橋のフォルムと活用形態が如何にして誕生し、発達してきたかを明らかにするとともに、今後の景観デザイン的な発展の糸口とそのプロデュース方法を探ろうとするものである。

キーワード: 鉄道橋, 鉄道高架橋, 景観デザイン, 阿部美樹志, プロデュース方法

1. はじめに

鉄道橋はゴツイ。重い列車が通行し、たわみ制限の厳しい鉄道橋は、道路橋に比べるとスパンは短く、桁も柱もゴツくなりがちで、デザインの評価も決して高くはない。しかし、この宿命を「鉄道橋ならではの美」に変換することはできないだろうか。

一方で、わが国に鉄道が導入されて以来、鉄道橋や鉄道高架橋に関する技術開発は弛まらずに続いている。特に都市部の改築・新設事業における工期・コストの主たる決定要因は施工計画であり、生産性向上・安全性確保・メンテナンスフリー・環境保全に寄与する構造技術と施工技術が次々と開発されてきた。長支間化、工事桁の本設化、プレキャスト化、CFT 柱の活用など様々である。しかし、これらを美的に表現するにはどうしたらよいだろうか。

過去にはこれらのテーマに取り組んだ事業主体があった。なかでも、東京駅付近の中央線を重層化することを契機に誕生した中央線東京駅付近高架橋（1995 年供用開始）は、今なお日本の鉄道 140 年の高架橋デザインの頂点に立つ作品である。また、わが国初の鉄道橋設計競技で計画案が選定された仙台市高速鉄道東西線の広瀬川橋りょうと西公園高架橋（2014 年開通）も鉄道界のデザインマインドを刺激した。しかしながら、デザイン的な歩みは緩やかであると言わざるを得ない。

以上のことを踏まえ、筆者らは、鉄道橋・鉄道高架橋

の景観デザインを向上させ、併せて駅付近や沿線のまちづくりに貢献できる鉄道インフラのあり方を研究することを目的として、2018 年 8 月、土木学会景観・デザイン委員会に鉄道橋小委員会を設立した。鉄道橋の景観計画と構造計画は表裏一体のものであり、構造計画と施工計画もまた密接な関係にあることから、研究者・事業者・設計実務者が一体となった研究組織を編成することを意図した。

本文はその活動の端緒として、わが国の鉄道高架橋の技術的変遷を辿り、わが国独自の鉄道高架橋のフォルムと活用形態が如何にして誕生し、発達してきたかを明らかにするとともに、今後の景観デザイン的な発展の糸口とそのプロデュース方法を探ろうとするものである。

なお、今回の研究対象は鉄道高架橋に限定している。その理由は、鉄道橋という大きな括りでは渡河橋、架道橋などの単独橋梁を含め多種多様な構造形式があり、国内外の構造景観に関する既往の研究（鉄道・道路問わず）が既に解を与えていると考えるからである。一方で鉄道高架橋は、人に近く、景観面のみならず振動、騒音などの環境面でも人々の生活に大きな影響を与えるわりには景観デザインについて体系的に論じられることが少ない。また、駅付近や沿線のまちづくりに貢献できる鉄道インフラのあり方を研究する上でも、鉄道高架橋は望ましい対象であると考えたのである。

2. わが国の鉄道高架橋の技術史

鉄道は土工部にマクラギとレールが敷設されるのが基本で、河川や溪谷、道路などの支障物を横断する部分に橋梁や函渠などの構造物が用いられる。しかし、それでは地域が分断されるので、明治後期から都市部では平地でも高架橋による連続立体交差化が主流となった。在来線や高速鉄道の新線はもちろん、既設路線の高架化が地方都市でも進められた結果、鉄道高架橋は実に鉄道らしい景観のひとつとして市民に定着している。

わが国の鉄道高架橋は次第に「RC ビームスラブ式連続ラーメン形式」が主流となり、しかも高架下を店舗や倉庫など多目的に活用している。このスタイルは日本独自のものであるが、最近はその形を打破する形態も生まれてきた。この章ではいまに至る計画・設計技術的変遷をまとめることとする。

(1) 戦前的高架橋^{1) 2)}

わが国の鉄道高架の嚆矢は、1904年に私営の総武鉄道が現在の錦糸町・両国間に造った単純鉸桁橋（延長約1.5km、橋脚は煉瓦造）である。道路交通を阻害させないための施設だったが、騒音がひどく、1937年に更新されて今はない。現存する最古の高架橋はベルリン市街線をお手本にした煉瓦アーチ構造による官営の新永間市街線（現在の通称東京高架橋）で、1909年に品川から新橋まで完成し、翌年には呉服橋仮駅（現在の東京駅の北側）まで延長された。架道橋には鉸桁を使用した。また、甲武鉄道市街線の万世橋高架橋も同じ煉瓦アーチで、国に買収された後の1912年に完成している。いずれも耐震補強がなされて100年以上経った現在も立派に機能し、アーチ内部は店舗に活用されている（写真1）。

その後は国産のセメントを使った鉄筋コンクリート構造が用いられるようになる。1919年に東京高架橋と万世橋高架橋を結ぶ東京万世橋間市街線がRCアーチ構造（煉瓦被覆）で造られ、一部の軟弱地盤区間では軽量化のためにRC単純スラブ桁が試みられた（現存）。

続く東京上野間市街線（1925年）ではRCまたはSRCの3径間連続スラブ桁（支間4.6m、橋脚はRCラーメン構造）が登場する（写真2）。また、鉄道省を辞して設計事務所を構えた阿部美樹志は、阪急、東横電鉄、目蒲

電鉄などのRCビームスラブ式ラーメン高架橋を設計し、同じ頃に次々と完成を迎えていた（写真3）。

このようにRC造のスラブ桁やラーメン構造が続々と登場すると、桁下の内部空間が広く活用でき、しかも1923年の関東大震災で鉄筋コンクリート構造の優秀さが認識されていたことから、地震国で国土の狭いわが国にふさわしい構造形態であるとの評価が生まれた。

これ以降、RCラーメン高架橋は関西や私設鉄道にも広がり、構造形式や規模を拡大していく。折しも関東では震災復興事業によって近代的な構造物や道路・公園が次々と整備された時期であり、御茶ノ水・両国間市街線（神田川を渡り東京上野間市街線のさらに上を跨ぐ）でもチャレンジングな構造が次々と誕生した（写真4）。

こうして、わが国独自の鉄道高架橋のスタイルは、早くも戦前にはほぼ固まったのである。なお、阿部美樹志の功績については3章に詳述する。

(2) 東海道新幹線の高架橋（1964）^{1) 3)}

東海道新幹線515kmが1959年からわずか5年で完成したこと、構造物設計の基本方針としてSimple, Smart, Standardの3S主義が打ち出されたことは広く知られている。延長116kmに及ぶ高架橋は、標準設計（支間6mの3径間連続ビームスラブ式ラーメン、両端に3mの張出し）を駆使して迅速に建設された。道路交差部などは中央支間を最大17.5mまで上げた異径間ラーメン（6mの側径間をベタスラブと称するカウンタースパンとする）としてクリアした（写真5）。

地上高が大きく、地盤条件の良好な場合は壁式ラーメン高架橋が造られた。これは壁構造と連続桁を組み合わせた構造で、1ブロック50~100m中の1か所に剛性の大きい箱型橋台を配置し、それ以外を10m支間毎に厚さが僅か30cmの壁で桁を支える構造である（写真6）。

新幹線は品川の手前で品鶴貨物線（現在は旅客・横須賀線）に沿って南西に向かい、やがて品鶴貨物線の直上を1500mに亘って走行する。この大規模な直上高架はわが国初のもので、品鶴貨物線の上下線を跨ぐSRC門型橋脚の上に、標準スパン22.5mの合成桁を架設する構造である。鋼製橋脚もあるが、63基のSRC橋脚は、まず自立する門型鉄骨ラーメンを組立て、それに型枠を取り付けて支保工の代用とし、SRC構造に合成した。工事は非



写真1 万世橋高架橋 mArch ecute



写真2 第一御徒町高架橋, 2k540



写真3 JR鶴見線鶴見駅付近



写真4 JR総武線浅草駅付近



写真5 武蔵小杉駅付近のベタスラブ高架橋



写真6 西品川1丁目付近の壁式高架橋



写真7 品鶴線（横須賀線）の直上高架橋

常に難しいため、危険な夜間工事を避けて、貨物線のダイヤ改正によって90分と60分の2回の作業間合いを昼間に設けて実施したという（写真7）。

新幹線総局が打ち出した3S主義という優れたコンセプトのもとで、エンジニアの創意工夫によってユニークな空間や構造が次々と誕生したのである。

(3) 1970～1980年代の高架橋

東海道新幹線以降、中央本線中野・三鷹間、常磐線綾瀬・金町間、山陽・東北・上越新幹線で高架橋が数多く造られた。しかし、これらは東海道新幹線で採用されたビームスラブ式ラーメン高架橋を踏襲し、標準スパンが8mの3～4径間に延びた程度で、構造形式上もデザイン上も顕著な発展はなかった。

大きな挑戦としては、阿佐線のRC50径間連続ラーメン、津軽海峡線のRC12径間連続ラーメン高架橋がある。だが、施工上の観点からは一日のコンクリート打設量を200～300m³程度以下とすることが望ましいため、このような多径間構造はこれ以降造られていない。

一方、PC鉄道橋はこの時代に長スパン化と構造の多様化が大いに進展した。加古川橋梁（プレキャストブロック架設工法による連続箱桁橋、1972）、岩鼻架道橋（PCトラス橋、1975）、第二阿武隈橋梁（支間105m、1982）、小本川橋梁（PC斜張橋、1984）などが建設されている。

なお、鉄道の発展を支えてきた鋼橋は、高架橋の分野では騒音とコスト面でRC/PCに対して優位性がなく、長スパン化、構造高の制限、重量制限、厳しい架設条件などの場合に有利となるため、結果的に単独橋梁での採用が多くなっていた。

(4) 1990年代の高架橋

1980年代の終わりごろから、建設省と運輸省が公共土木施設の景観デザインを向上させる取り組みを始めた。それは「美しさ」も道路や鉄道などのインフラが具備すべき要件のひとつであるとし、経済成長期の「速く安く大量に」造るための設計を見直そうという運動であった。当時の日本鉄道建設公団やJR東日本をはじめとする事業者も独自に良好な景観形成に取り組み、やがてそれぞれが景観設計ガイドラインを制定するに至った。

当初は景観デザインに精通した建設コンサルタントはならず、学識経験者をアドバイザーに迎え、行政や鉄道事業者が景観検討を行うスタイルが多かった。建築設計事務所や建設会社がサポートすることもあった。この頃完成した高架橋には中央線東京駅付近高架橋（1995）、山陰線二条・花園間連続立体交差化事業の二条高架橋（1996）、近畿日本鉄道京都線東寺・竹田間連続立体交差化事業の十条高架橋（1999）などがある。

中央線東京駅付近高架橋は東京駅から神田方へ既設中央線アーチ高架橋沿いに建設された675m区間をいう。皇居につながる東京の玄関口にふさわしく、丸の内のオフィス街と調和がとれ、道行く人々にとっても配慮の行き届いた構造物を目指したものであった（写真8）。結果的に、この高架橋は従来のビームスラブ式ラーメンのフォルムを大きく変え、わが国の鉄道高架橋デザインの頂点に立つエポックメイキングな作品となった。その「形を決める論理」については4章に詳述する。

山陰線二条・花園間連続立体交差化事業は、平安建都1200年を記念した事業として土地区画整理と高架化がセットで行われたものである。京都の歴史的景観に配慮した高架橋（二条駅、道路交差点を含む）にするため、



写真8 中央線東京駅付近高架橋



写真9 山陰線二条高架橋



写真10 土讃線高知駅付近高架橋

学識経験者、建設省、京都府、京都市、JR 西日本からなる「山陰本線高架デザイン検討委員会」が設けられた。高架橋は3径間連続RCホロスラブ桁（橋長36m）とし、RC造の掛け違い橋脚で水平力を受け、S造の2本の中間柱は鉛直力だけを分担する構造である（写真9）。桁裏の凹凸や防音壁の水切り瓦の装飾などを含め、最も安価なビームスラブ式ラーメン構造に対して都市景観を確保するための増加費用は京都市が負担したという⁴⁾。

高知駅付近連続立体交差化事業に伴い建設された土讃線高知駅付近高架橋（写真10）は、2008年に供用開始となったが、景観デザインの学識経験者、鉄道施設の専門家、住民代表、高知県、高知市、JR四国の関係機関が委員となる「JR土讃線鉄道高架景観検討委員会」が設置されたのは1995年であった。設計はエムアンドエムデザイン事務所（デザイン）とパシフィックコンサルタンツ（構造設計）が担当した⁵⁾。

（5）つくばエクスプレスの高架橋（2005）⁶⁾

常磐新線（後年つくばエクスプレスと命名）は秋葉原・つくば間58.3kmを最速45分（走行速度130km/h）で結ぶ。建設は日本鉄道建設公団（2003年より独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構、以下JRIT）が担い、沿線自治体の出資で成立した第三セクターの首都圏新都市鉄道株式会社が運営している。

この路線は高架橋延長が25.5kmもあり、市街地にも近接することから、コスト縮減と施工性向上、耐震性向上、景観性向上を目的として2種類の新構造形式が開発された。

PCU形桁式高架橋は等断面のU型のPCプレテンション桁（支間20m、4主桁）であり、地盤の軟弱な9.2km区間で使用された。工場生産し、中間横桁を不要とする構造であるため、従来のプレテン桁よりさらに施工性に優れ、すっきりとした外観を獲得している（写真11）。

アーチスラブ式高架橋は、従来のビームスラブ式ラーメン構造の持つ煩雑感と施工性を改善するという景観的目標を掲げて開発され、主に地盤が良好な7.6km区間で使用された。変断面のスラブを用いたRC連続ラーメン構造にすることでビームスラブ式ラーメンのような配筋の輻輳が抑えられ、景観的にも桁裏に影が生じない

プレーンな曲面の反復によって大変リズムカルで開放的な桁下空間が得られている（写真12）。デザイン的な成功要因は、直線を挿入しない滑らかな変断面曲線であること、桁裏にFRP製型枠を使用したこと、排水装置の煩雑感を極力抑えるために多くの区間で排水管をRC柱の中に納めたことなどである。なお、RC柱に埋め込んだ排水樋や排水設備について管理者にヒアリングしたところ、開業後13年半が経過するが、詰まったことはなく、特別なメンテナンスもしていないとのことであった。

つくばエクスプレスの高架橋の景観設計は、JRITが主導し、八千代エンジニアリング株式会社などのコンサルタントに委託して行われたものである。

（6）整備新幹線の高架橋⁷⁾

整備新幹線とは、新幹線の計画路線のうち日本政府が1973年11月に整備計画を決定した5路線を指す。これは原則として返済の必要のない国や自治体の無償資金による公共事業方式で建設され、営業を担当するJRからは受益に応じた線路貸付料を受け取る方式である。建設事業は鉄建公団～JRITが担い、東北新幹線盛岡・八戸間（2002）、八戸・新青森間（2010）、九州新幹線新八代・鹿児島中央間（2004）、北陸新幹線高崎・長野間（1997）、長野・金沢間（2015）、北海道新幹線新青森・新函館北斗間（2016）が完成している。

JRITでは周辺環境や立地条件に応じて様々な設計施工技術を開発してきたが、ここでは新しい架設技術で特異な空間を形成することとなった松原線路橋と、良好な景観形成が求められた今村新田地区高架橋を紹介する。

九州新幹線松原線路橋は久留米駅南側に位置し、JR鹿児島本線とJR久大本線の直上1,243mにわたって設置された橋梁である。1日340本の列車が通過する営業線直上での架設であり、限られた設置空間と短い線路閉鎖時間（夜間の206分）での架設を実現する必要があった。そのため、スパン約25mの横梁を有する鋼製門型橋脚16基は、狭隘な作業空間でも架設が可能な小型の横梁回転工法を新たに開発し、上部工は3～4径間連続合成箱桁を擬似連結して送出し架設とした。終点方648mの送出し長はわが国最長である（写真13）。

北陸新幹線今村新田地区高架橋を中心とする3橋は、



写真11 PCU形桁式高架橋、排水管は橋脚に



写真12 アーチスラブ式高架橋、排水管はスラブの側面から橋脚中に納められている



写真13 松原線路橋、1243mの直上高架橋
写真提供：JRIT

市街地の住環境との調和を考慮して支間 32~37mの 4~5 径間連続 PC 箱桁橋が選定された。上部工は斜めウェブ、等断面として直線性を強調し、電柱支持梁は台形状にして存在感を抑制している。橋脚は逆台形でコーナーを曲面で面取りし、角型排水管を壁面スリットに納めている（写真 14）。

(7) 仙台市高速鉄道東西線の高架橋

2007 年 2 月、わが国初の鉄道橋設計競技が開催された。対象橋梁は地下鉄東西線の広瀬川周辺低地横断面部に位置し、広瀬川を渡河する広瀬川橋梁と河岸段丘を横断する西公園高架橋からなる。2 橋は杜の都を代表する景観形成地区を分断しており、事業主体の仙台市はデザイン的に優れた橋梁の計画が必要と考え、設計競技の当選者に詳細設計を委託したものである。

当選者は（株）ドーコンで、その西公園高架橋の構造は、桁下をプロムナードに活用するため、支間わずか 5 m の RC スラブ式 CFT 柱ラーメン高架橋（橋長 118m）にしている。載荷位置が不変である鉄道橋ならではのユニークな構造デザインと、魅力的な桁下空間を形成することにより、迷惑施設に陥りやすい鉄道施設を「広瀬川の景観を引き立て、公園の中の橋梁として快適性を提供できる環境装置」に変換したことが大きな特徴である（写真 15）。特に両端に設置した開水路は、排水管を省くのみならず、掛け違い部の一体感・連続感の確保に貢献し、橋梁全体の造形の要になっている。

この設計競技には 54 社（者）がエントリーし、29 社（者）が作品を提出するという盛り上がりを見せた。審査員は建築と土木の学識者、鉄道技術者、ランドスケープアーキテクト、まちづくりプランナーなど 6 名で構成され、プレゼンテーションと審査状況は公開されるなど、その後の実施コンペのひな型のひとつとなった。

3. 阿部美樹志の鉄道高架橋⁸⁾

阿部美樹志は日本で初めて鉄筋コンクリート構造による高架橋である東京万世橋間市街線を設計した人物であ

る（1915 設計、1919 竣工）。そして、その後も日本各地の民鉄で、今でいう「ビームスラブ式連続ラーメン橋」を主体とした高架橋を設計した。彼は比較的若い時期に鉄道院を辞して独立し、その後は建築界でめざましい活躍をした。梅田の阪急百貨店、西宮球場、東京宝塚劇場は阿部事務所の設計である。そのためか、彼は鉄道、あるいは土木を代表する技術者と見なされていないのだが、実はわが国の鉄筋コンクリート構造による鉄道高架橋の原形を開発した人物であった。

ここでは、現存する彼の設計した高架橋を辿り、鉄道技術者としての功績を明らかにしたい。

(1) 阿部美樹志の経歴⁹⁾

阿部は 1883（明治 16）年、岩手県一関町に生まれた。1904 年に札幌農学校土木工学科を首席で卒業し、鉄道作業局に就職する。彼は恩師・廣井勇博士の影響で「鉄筋混擬土」にのめり込んでいた。

28 歳の時、農商務省の海外実業練習生となり、イリノイ大学の試験を受けて正規の大学院生として入学、高名なタルボット教授（Arthur Newell Talbot）の下で研究することになった。彼はそこで学理的研究と多くの実験を行い、1914 年、見事イリノイ大学より Ph.D. の学位を取得したのである。これは同大学の鉄筋コンクリート部門の最初の学位取得という快挙だった。

留学を終えた彼は鉄道省に復帰した。鉄道省でも鉄筋コンクリートの将来性に期待し、鉄道に復帰するという条件で阿部に奨励金を出していたのである。これから独立するまでの 5 年 5 ヶ月、彼は鉄道技術者として活動する。外濠橋を含む東京駅・万世橋駅間高架鉄道橋のほか、この期間に彼が熱心だったのは『鉄筋混擬土工學理論編』の執筆、京都大学への学位論文の執筆、そして建築物の構造設計だったようである。

『鉄筋混擬土工學理論編』は大正 5 年（1916）に丸善から初版が発行された。また、建築との関わりについては、彼はもともとイリノイ大学で建築強弱学、高層建築構造学などをマルロルム教授に学んでおり、自身の理論の実践に力を注ぎたいと考えていたところ、恩師・廣井勇博士の仲立ちで建築家・遠藤於菟（おと）から協力を



写真 14 北陸新幹線今村新田地区高架橋



写真 15 仙台地下鉄東西線西公園高架橋



写真 16 西鉄宮地岳線 名島川橋梁

求められて建築物の構造設計を手掛けるようになったものである。二人の共同作品は 1915 年の商科大学研究室（三井ホール）に始まり、6 年間に 13 件を数えた。

1920（大正 9）年 3 月、阿部は東京万世橋間の高架鉄道橋の完成を待って鉄道院を辞し、民間人となった。三田に阿部事務所を開設し、今までの構造設計者から総合的な建築設計者としての船出を迎えたのである。彼はこの時 37 歳、既に十指に余る建築作品とわが国初の鉄筋コンクリート構造による鉄道高架橋を手掛け、名声を得ていた。折しも京都大学から工学博士の学位を受け、ここから建築界での大活躍が始まるのである。

ところで、土木との縁はまだしばらく続いた。1935（昭和 10）年頃まで、民営鉄道の高架橋や駅舎の設計を手掛けたからである。特に、大正 13 年（1924）に設計した阪急淀川梅田間高架鉄道橋（後述）は日本で二件目、民営では初めての鉄筋コンクリートによる高架鉄道橋であり、発注者の熱意と理解もあってかなり力を入れたようである^{10）11）}。この高架橋は、同時期に設計された目蒲電鉄大井高架橋（現在の東急大井町線大井町付近）・目蒲電鉄渋谷高架橋（東急東横線渋谷駅付近は地下化により解体、中目黒駅付近は現存）とともに 1926（大正 15）年に完成している。

なお、これに先立ち大正 13 年（1924）には博多鉄道名島川拱石炭棧橋（現在の西鉄宮地岳線・名島川橋梁）が完成している。これは高架橋ではないが、先の東京万世橋間の鉄筋コンクリート連続アーチ橋で得た知見が活かされたものと思う（写真 16）。その後設計した鶴見臨港鉄道の 6 径間連続 RC アーチ橋（鶴見川の河口付近を渡河する最大支間 100ft の充腹アーチ、昭和 2 年完成）は既に架け替えられているため、この名島川橋梁は現存する阿部の貴重な RC アーチ作品（土木学会選奨土木遺産）である。コンクリート表面はテラゾー塗り（人造石）で仕上げ、スパンドレルには節度のある装飾が施されている。

阿部は 1965（昭和 40）年 81 歳で亡くなるまで、精力的に仕事を続けた。特筆すべきは戦後戦災復興院総裁になったこと、それに続き都市計画や住宅関係の政府委員を歴任したことなどである。まさしく建築界の重鎮だった。80 歳のとき勲二等瑞宝章を受章している。

(2) 阿部が手掛けた私設鉄道の高架橋

a) 阪急淀川梅田間高架鉄道橋

東京万世橋駅間市街線での成果を踏まえて設計がなされた。彼はこの時期までに携わった建築構造設計（多くは梁と柱からなるラーメン構造）で得た知見と、それが大正 12 年の関東大震災で被災しなかった事実に鑑み、ビームスラブ式連続ラーメン構造に自信を深めたものと

思われる。改めて見ると、この構造フォームは建築物の骨組と実に良く似ている。また、彼が高架橋で施したディテールも建築で必要とされる水準のものである。

阪急淀川梅田間高架鉄道橋の建設に先立つ 1924（大正 13）年 12 月、阿部は工事関係者を集めた講演会でこの構造物について次のように説明している^{9）}（初出は『鉄筋コンクリートの施工に就いて』、阪神急行電鉄株式会社、大正 13 年）。

- ①高架橋に鉄筋コンクリート構造を採用した理由は経済的で耐久力が高く、都市構造物として必要な高度の耐火性・耐震性に優れているからである
- ②東京万世橋間の高架鉄道は、手前にある旧新橋東京駅間の高架鉄道の煉瓦アーチと形の調和を保ち、経済性を図る上で鉄筋コンクリートアーチにしたものである。煉瓦アーチに比べ、物価が上がった 10 年後の大正 7 年に、当時よりも逆に一割余り安くできた
- ③今回採用した「コムバインド・ビームガーダー・スラブ」式（注：ビームスラブ式と同じ構造を指していると思われる）は東京万世橋間の高架橋よりさらに経済的であると断言できる
- ④エクステンションジョイント 1 区間ごとの両端部には、耐震壁を丁字型に縦横に使い、地震抵抗を増している。
- ⑤基礎は脚部を繋ぎ、個々の運動ができぬように制限してある
- ⑥柱と桁の接合点は急角を避け緩やかな曲線を使い、外観を整美するとともに構造上両者の完全剛着をなしている

この高架橋は現在も供用されているが、後から付加された高架下の施設や改造などによって当時の姿を全景で見るとは困難である。しかし、幸いこの高架橋の設計と工事の概要は当時阪急の取締役技師長だった上田寧（後の阪急社長）によって文献 13）に詳細に報告されていた。これは 90 ページにもおよぶ丁寧な内容で、9 枚の図と 8 枚の写真が添付されている。そこで、これらをもとにスパン 22ft（6.71m）のビームスラブ式高架橋の完成イメージの復元が試みられた。図 1 は複々線式高架橋（中央列はフラツトスラブ構造になっている）を再現したもの、図 2 はそのディテールである。

堂々たる姿である。高架下は店舗または倉庫に利用することが最初から計画されており、茶屋町付近では開通時には店舗が並んでいた。上田寧は文献 13）で「このビームガーダースラブ構造は高架下を利用する点に於いても有効である」と述べている。そして、高架橋の両側には幅員 9～15ft（2.7～4.5m）の通路が最初から設けられていた。

文献 13）には「高架橋の支柱には暗褐色のタイルを施し、パラペット蛇腹（高欄下部の側面）、持送り（ブラケット）と桁側面には人造石洗い出し、ほかはモルタ

ル塗りで仕上げた」とあるが、その一部は今も見ることが



図1 茶屋町付近の高架橋完成時のイメージ。複々線部でスパンは22ft (6.71m) がある。中央部はフラットスラブになっている



図2 複線式のブラケット部と高欄の詳細(図1・2の出展は『鉄道高架橋の景観デザイン』景観デザイン研究会, 1999-8)

できる(写真17)。柱と桁の接合部には上記⑥のように曲線形のハンチが設けられ、張出し梁(持送り)はしっかりとスラブを支えているかのような構造表現がなされている。スラブのエッジの処理(水平にギャップを付けている)、高欄の詳細などにも、彼が単に構造設計だけを行う技術者ではなく、エンジニア・アーキテクトであったことがはっきりと示されている。

b) 目蒲電鉄大井高架橋

これは現在の東急大井町線(一部現存)、渋谷高架橋(東急東横線の地下化によって消滅、中目黒駅前後の高架橋は現存)、阪急淀川梅田間高架鉄道橋と共に、ほぼ同時期に設計された。設計の順番は不明だが、竣工は大正15年であって、互いに共通点も多い。

例えば、目蒲電鉄の2件の標準スパンは阪急と同じく22ft (6.71 m) であり、エクспанションジョイント1区間毎の両端部には耐震壁が設けられ、基礎は脚部が繋がれて個々の運動ができぬように制限されている。ただし、横梁の張出部については阪急より小さく(全幅を抑えて電柱部分が突出するスタイルになっている)、ハンチが曲線ではなく直線状になっている。構造は梁がスラブの上にある下路式であり、これは桁下空間を最大限活用できるように意図したものであろう(写真18)。後に造られた鶴見臨港鉄道の高架橋も同じ構造である。所々に控えめな装飾が施されモルタル塗り仕上げであるのは阪急と同様だが、全体的に阪急ほど細やかなデザイ

ンがなされておらず、シンプルにまとめられた。

c) 阪急神戸線高架鉄道橋^{9) 10) 11)}

これは阿部が手掛けた最後の鉄道高架橋らしい⁹⁾。竣工は昭和10年(1935)である。この高架橋は5径間連続ビームスラブ式ラーメン構造を主体としているが、それまでの高架橋との大きな相違点は伸縮構造である。つまり、標準スパン6.4m区間では伸縮部のスパンを3.0mとし両側のラーメン構造から1.5mずつ張り出す構造としていること(写真19)、標準スパン5.5m区間では伸縮部のスパンも5.5mとし両サイドのラーメンからゲルバーを設けて単版桁を落とし込んだ構造としていること(これはデザイン的な連続性を確保するためである=写真20)、伸縮部付近の耐震壁を省いていること、以上の3点が新たな試みである。

また、それまではスパンの大きい道路交差部に鋼桁を用いることが多かったが、ここでは大スパンの鉄筋コンクリートアーチを採用した。全線にわたって統一感、一体感を得たことは、デザイン上特筆すべきことである(写真21)。さらに、幅を拡げて電柱基礎を高欄の内側に収め、床版の張出し部を大きくしたことによって、高欄を含めたフェイシャルライン(最外縁)が見事に揃って水平性が強調され、連続感を醸し出すことに成功している。

RCビームスラブ式ラーメン、単版桁、RCアーチを巧妙に組み合わせたこの高架橋は、阿部が大正4年に東



写真17 中津駅の高欄の装飾。人造石洗い出し仕上げを施している



写真18 大井町高架橋、エクспанションがわからないほど統一感がある



写真19 506.4m標準部



写真 20 5@5.5m標準部、張出部と電柱基礎の構造表現が素晴らしい



写真 21 西灘（現在の王子公園付近）の原田拱橋、スパン 32.5m



写真 22 駅舎と高架橋の関係

京万世橋間の高架橋を手掛けでからの総決算だったに違いない。現在に至るまで鉄道高架橋のスタイルがさほど変わっていないことから、このスタイルはわが国の鉄道高架橋の決定版という評価を勝ち得たのだと思う。

(3) 日本のスタンダードに

このように、阿部美樹志は鉄筋コンクリートの黎明期に活躍したエンジニア・アーキテクトであり、土木界に対して「鉄道高架橋の礎を築く」という大きな功績を残した人物であった。彼の総ての高架橋は、合理を追求しながらも、単に技術的な安全性や経済性だけにとらわれず意匠にも心を配っていた。公共施設として長期間眺められ、使われ続けることを重く見ていたのである。

鉄道高架橋にはこのような優れた先例がありながら、戦後の物資難の時代や高度成長期の「速く安く大量に」という価値観によって、意匠的な伝統が一旦絶たれてしまった。しかし、阿部の築いたスタンダード（意匠にも配慮したビームスラブラーメン）はまさに現代の土木技術者自身が求め、社会からも要請されている事柄である。

4. 中央線東京駅付近高架橋（1995）

前章では日本の鉄道高架橋の原型となった阿部美樹志

のビームスラブラーメン構造について詳述したが、この中央線東京駅付近高架橋はそれと好対照を為す型破りな作品である。PRC 桁によってスパンを倍以上に飛ばし、都市側に軽快な鋼製コラム、鉄道側は RC 柱を配した非対称構造で、しかも都市側の列と橋軸直角方向の中層梁がない。桁下はカラトラバが設計したスイスのシュターデルホーフェン駅を彷彿とさせる開放的な歩行空間になっている。ここではその「形を決める論理」と「それを実現するための技術開発」にスポットを当て、デザインのプロデュース方法について考察する。

(1) プロジェクトの概要¹⁴⁾

1998 年の長野オリンピックの開催に合わせて北陸新幹線を東京駅に乗り入れることが決まった。そのため、東京駅八重洲側の第 5 プラットフォーム（9, 10 番線）を新幹線に転用する必要が生じ、丸の内側の第 1 プラットフォーム（中央線が使っていた 1, 2 番線）の約 9m 上空にプラットフォームを新設して中央線を移し、京浜東北線、山手線等を順次シフトすることになった。

計画範囲は駅部約 299m、アプローチ部約 675m、地上最大高さは 14.4m に及び、それまでのアーチ高架橋に覆い被さるように建設する（当然ながら在来線を運行させながら）という大工事であった。鉄道に並行する都道と区道を縦断占有する必要があるため、鉄道事業法

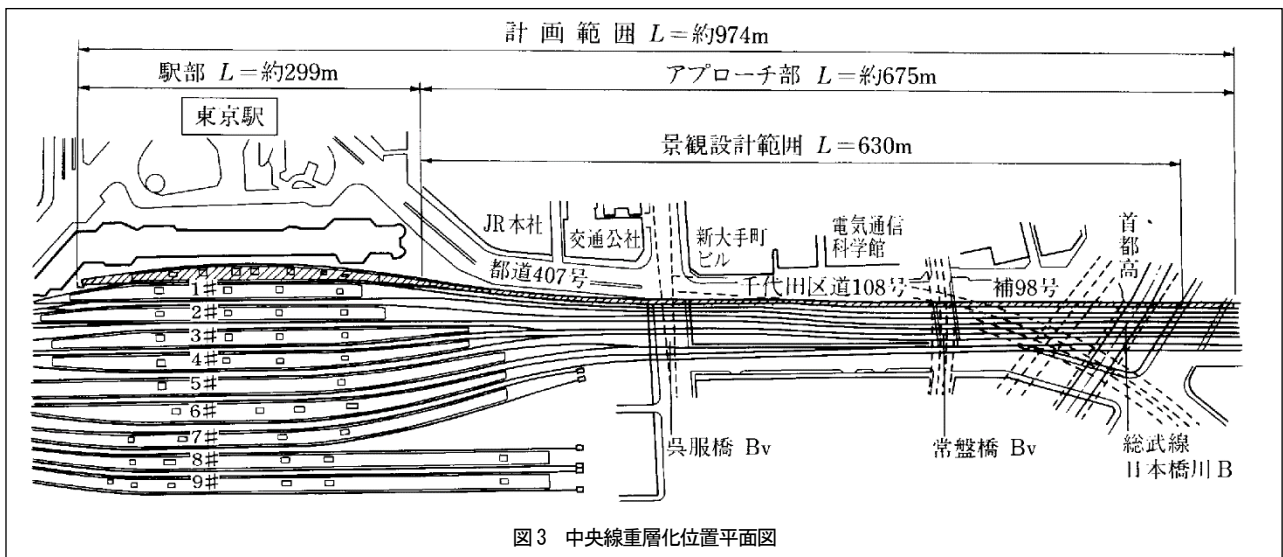
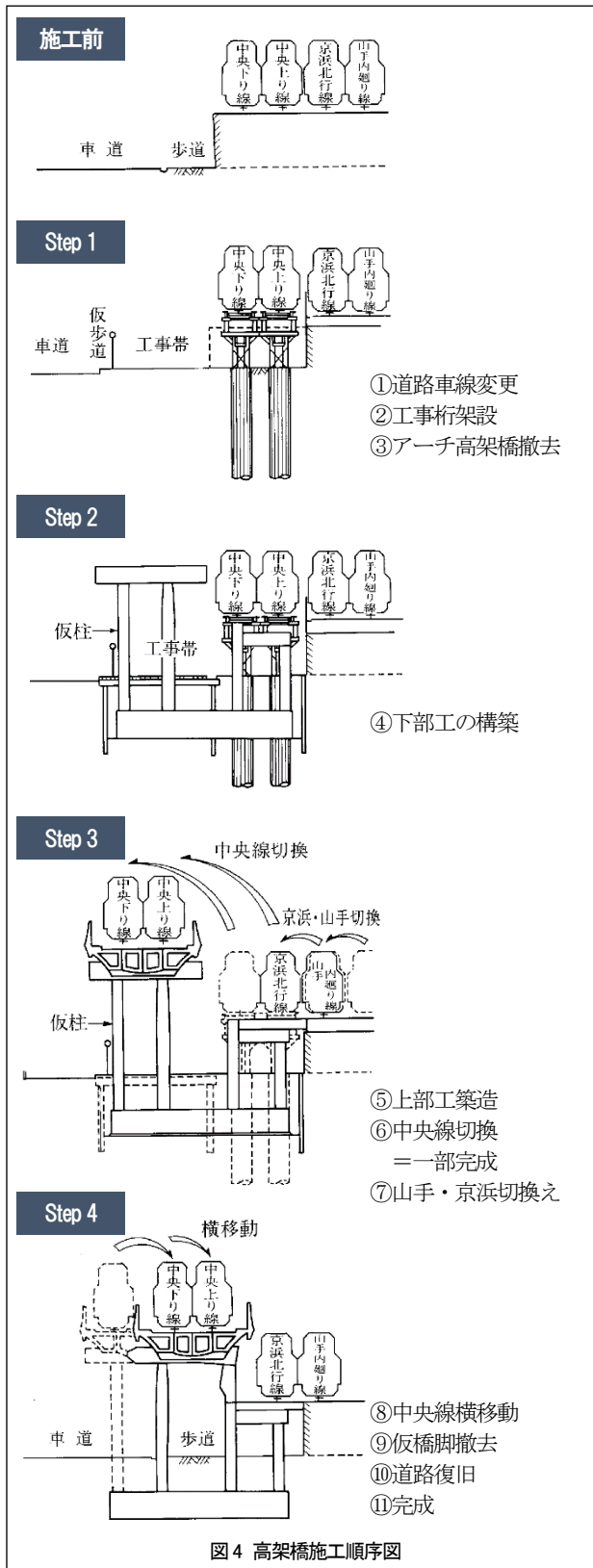


図3 中央線重層化位置平面図



61条による建設大臣の認可を得て実施が決まったが、道路管理者からは①道路専有面積を極小にすること、②高架橋の柱本数を最少にし歩道内に納めること、③その柱寸法は1.0m程度以下にすること、④交差点では道路側に柱を設置しないこと、⑤構造物の都市景観について検討し色彩にも配慮すること、という条件が付いた。以上のことから、このプロジェクトは景観設計の如何に関わらず、当初から極めて難度の高い設計・施工となる宿命にあったと言える（写真22・図3・図4）。

(2) デザインとエンジニアリングの融合^{15) 16)}

本件はJR東日本の自己資金による事業である。関係機関から景観に配慮するよう要請されていたJR東日本は図5に示す「景観設計検討委員会」と設計体制を組み、高架橋のデザインと構造の検討を行った。

a) デザイン

景観設計の基本コンセプトは①土木構造物の持つダイナミック性を活かしながら人に優しい高架下空間の実現、歩道面の開放的利用の活性化を目指すこと、②東京駅丸の内本屋（赤レンガ）との連続性や、近代的な業務用ビルの集積地である周辺環境との調和を図ることとした。

これを受けて、高架橋の形を決める論理をどう展開したのか。当時MIA建築設計事務所で所長の守屋弓男と共にデザインを担当した津國博英は次のように解説してくれた¹⁷⁾。

「鉄道は都市の景観を構成する動脈部分である。そのエッジ（縁、境界）には特殊な都市空間が生まれる。都市のエッジをどのように表現するかがこのプロジェクトの要であった。高架橋にすれば鉄道の下に必然的に空間が生まれるが、その空間の質がその境界との繋がりを大きく左右するのだ」。

エッジとはケヴィン・リンチが名著『都市のイメージ』で提唱した都市の形態要素のひとつであり、ここでは鉄道の境界に出現する高架橋下の空間をどう都市側と結びつけるかをテーマにしているのである。そして次のように続けた。

「とにかく、既成の高架下のイメージを払拭させたかった。そのために委員長が提案し、我々がデザインしたのが、大スパン化と中層梁の撤去、左右非対称の柱による空間形成であった。これによって高架橋は都市側に大きく解放された嵩空間を獲得した」。

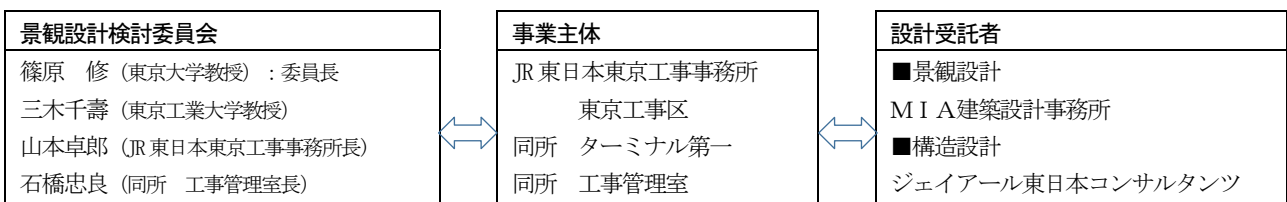


図5 設計体制（関係者のヒアリングに基づき作成）

施工も複雑を極めたのである。場所打ちで造るスパンは、1スパン丸ごとの大型鋼製型枠が製作された。転用回数が少ないので非常に高くつくのだが、複雑な造形を簡単に実現させるための手段であった(写真23)。12分割されるプレキャストセグメントも鋼製型枠が必要であり、さらに製作精度、架設精度の管理が非常に難しいものであった。わが国有数のPC専門社の殆どが「不可能」と宣言して戦列を離れたが、ただ一社だけが粘り強く工夫を重ねて実現にこぎつけてくれたという。

デザインが具体化した頃、構造技術の責任者であった石橋忠良は、これを鉄道上空で建設するのではきれいに仕上げられないと考えた。それで、呉服橋より神田方400mの区間については道路(千代田区道108号)側に大きく入り込んだ仮線として建設し、16か月間使用した後にJR用地側に線路を振り戻す(最大6.6m)計画とした。つまり、その400m区間を1年以上に亘って単純桁として供用した後、一日で一斉に横移動させた後にラーメン構造化するという手順に変更したのである。

3工区に分けた施工は大林組、鉄建建設、清水建設が担当した。プレキャストセグメントの製作と架設は協力を続けてくれた日本鋼弦コンクリート(当時)のほかオリエンタルコンクリートが担った。工事は受発注者合同の「施工技術検討委員会」を開催しながら、デザインの意図を正確に伝達するとともに、それを実現するための課題(仕上げや鋼製型枠の扱いなど)を議論しながら実施したという。

中央線の切替え工事による高架橋の供用開始は1995年7月2日、振り戻し工事は1996年11月17日に実施した。

(3) デザインのプロデュースについて

こうして、これだけ技術的な難題があっても、事業者はすべて成し遂げた。つまり、新たな設計法を見出すための技術開発や確認実験を考え得る限り実施し、設計ルールを変えながらデザイン的な要請に応えたのである。これは「一旦デザインを任せたらには、その案に対し技術で解決できることにはすべて対応する。どうしても現在の技術で不可能なことが、リスクの大きいことが明白になった場合にのみ、デザインの変更要請を行う」という組織のコンセンサスが築かれていたからであった。優れたデザインを生み出すためのJR東日本の取組みは成功したと言える。

ただ、筆者は当時「主桁を変断面にし、なおかつ下面に凸部を設ける」ことに対しての異見があったと記憶している。エンジニアからは「それがプレキャストセグメント化に際して大きな障害になっている」という指摘、デザイナーからは「装飾過剰ではないか」「むしろ連続性が損なわれている」という見解である。筆者も下面を

フラットにして水平性を強調したほうが意匠・構造・施工上とも好ましいと考えていた。

どの水準までデザインを引き上げるべきか。この点について、最近石橋に「主桁を等断面にしようという提案をデザイナーに行わなかったか」と尋ねてみた。すると「それは一切考えなかった。デザインは作品だから、依頼した以上はデザイナーの意向を尊重するべきだと思っていた」とのことである。

当時、景観設計を行うには学識者を交えて委員会方式で行うのが最良と考えられ、本件のように実力のある建築家が協力することも多かった。デザインのプロデュースが成功したかどうかは、完成した作品を見れば明らかなので、優れた成果をまとめた学識者やデザイナーには協力要請が集まり、多くの公共土木施設が委員会方式で設計された。

現在はどうかというと、学識者をアドバイザーにすることは依然として多いが、土木と異なる職能の専門家にデザインを依頼することは、昔ほど多くはなくなった。事業者、コンサルタントともある程度景観デザイン力を付けたからであろう。公共の財である以上、金に糸目を付けないというわけにはいかないし、施工難度と生産性との折り合いも付けねばならない。そのため、デザインに精通した事業者が、エンジニアリングに精通したデザイナーに委託するほうがバランスの良い設計ができるという考え方も多くなってきたからだと思う。

デザインのプロデュースのあり方については、これからも試行錯誤が続くだろう。しかし、24年前に完成したこの高架橋を超えるものはまだないという事実については、重く受け止めなければならないと思う。

中央線東京駅付近高架橋は平成8年度(1996)土木学会技術賞、平成14年(2002)土木学会デザイン賞最優秀賞を受賞した。

5. おわりに：今後の研究に向けて

前章までに、わが国の鉄道高架橋の技術的変遷を辿るとともに、わが国独自の鉄道高架橋のフォルムと活用形態の原型を開発した阿部美樹志の作品と、そのビームスラブ式ラーメン構造を打破しようと意欲的に取り組んだ中央線東京駅付近高架橋について詳述した。これらのことから、次のことをまとめておきたい。

①RCビームスラブ式ラーメンは鉄道の荷重やたわみ制限に対する強度と耐震性に優れ、騒音や振動にも有利であり、しかも経済的である。

②アメリカで鉄筋コンクリート構造の最先端技術を学んだ阿部美樹志は、上記の特徴をよく理解したうえで、自

らの意匠設計能力を發揮して RC ビームスラブ式ラーメン構造を磨き上げ、上路式（阪急、大阪電気軌道タイプ）と下路式（東横電鉄、目蒲電鉄タイプ）の標準構造を開発した。

③私設鉄道の経営者はこの構造が「高架下を利用する上でも有効」と歓迎し、店舗等への活用（賃貸収入）が促進された。これによりわが国では【RC ビームスラブ式ラーメン+桁下空間利用】というビジネスモデルが確立した。

④これとは別に、阿部美樹志は RC アーチ高架橋の設計経験から、100ft クラスの大スパンの RC アーチを渡河部・架道部で実現し、もうひとつ異なる高架橋スタイルを確立した。

⑤東海道新幹線の頃から、RC ビームスラブ式ラーメンの大スパン化や異なる構造形式が開発され始めた。なかでも 1990 年代以降には、景観形成に対する社会のニーズや高強度材料の開発を背景に「大スパン化」に拍車がかかり、PC や合成構造による「桁式高架」が発展した。

⑦1990 年代から、行政が良好な景観形成について取り組みを開始し、委員会方式（アドバイザー方式）による景観検討が増え、土木以外の職能の専門家も公共土木施設の景観デザインに関わるようになってきた。鉄道においてもその方式により検討する事例が増えた。

⑧そのひとつである中央線東京駅付近高架橋について、デザインに関して深く議論する機会が今までなかったことから、今後のために「どの水準までデザインを行うべきだったか（あるいはどの水準まで技術でカバーすべきだったか）」という問題提起を行った。デザインの妥当性の検討に踏み込むためには、当時の関係機関の意思や技術的な制約、技術的な難度などを理解しなければならないため、かなりの紙面を要したが、今後は各方面の意見を伺いながら一層議論を深め、事後評価を行いたいと考える。

⑨つくばエクスプレスや整備新幹線の先進的な取り組みの幾つかをまとめた。これらについてはデザインプロセスを詳しくひもとき、今後のガイドライン作成のための情報として整理したいと考える。

⑩設計競技（コンペ）方式でのデザイン選定事例を示した。設計競技は人を選ぶのではなくダイレクトにプランを選ぶ方法である。道路分野におけるコンペの情報と併せて整理し、今後ガイドライン作成のための情報として整理したいと考える。

さて、こうして鉄道 140 年の高架橋の歴史を通観すると、技術的な制約の大きい鉄道の世界では、意匠も構造も施工計画もワンセットにして、伝統的にエンジニアが主導して形態操作を行ってきたことがわかる。設計委託業務では、絶えず設計責任が付きまとい、簡単に言うと、

設計責任を負う人を設計者と呼ぶのであるから、究極の選択を必要とするときは、設計者がその任を全うしなければならない。本文ではデザインをプロデュースする方法として、通常の委託方式、委員会（アドバイザー）方式、設計競技方式を例示したが、そのどれを選択するにしても、鉄道界では「デザインできるエンジニア」がもっと必要なのだと思う。

注記

本研究は土木学会景観・デザイン委員会に設立された鉄道橋小委員会（齋藤 潮委員長以下11名）における議論に基づくものである。特記なき写真は筆者および小委員会に所属する委員の提供による。

参考文献

- 1) 大庭光尚：鉄道高架橋の特徴と現状、橋梁と基礎、2009-8
- 2) 小野田滋：東京鉄道遺産「鉄道技術の歴史をめぐる」、ブルーバックスB-1817、2013
- 3) 久保村圭助：鉄道建設・土木秘話、日刊工業新聞社、2005
- 4) 松田好史、築嶋大輔：都市圏における在来線整備と橋梁、橋梁と基礎、2014-8
- 5) 四国旅客鉄道土讃線 高知駅付近連続立体交差事業 事業誌、高知県ほか、2010
- 6) 都市高速鉄道研究会編：つくばエクスプレス建設物語、成山堂書店、2007
- 7) 南邦明ほか：九州新幹線(博多-新八代)における鋼鉄道橋の概要と松原線路橋の架設、第13回鋼構造と橋に関するシンポジウム論文報告集、2010
- 8) 畑山義人：RC鉄道高架橋の黎明期に功績のあった技術者；阿部美樹志、鉄道高架橋の景観デザイン、景観デザイン研究会、1999
- 9) 江藤静児：鉄筋混凝土にかげた生涯～阿部美樹志と阿部事務所、日刊建設通信社、1993
- 10) 小野田滋：鉄筋コンクリートの先覚・阿部美樹志、RRR、Vol. 54、No. 6、1997
- 11) 小野田滋：阿部美樹志と阪急の構造物、鉄道ピクトリアル、Vol. 48、No. 12、1998
- 12) 小野田滋：阿部美樹志とわが国における黎明期の鉄道高架橋、土木史研究、第21号、2001
- 13) 上田寧：阪神急行電気鉄道高架線建設紀要、土木学会誌、Vol.13、No. 3、1927
- 14) 石橋忠良、古谷時春、細川泰明、山内俊幸：景観に配慮した中央線重層化工事の設計・施工、コンクリート工学、Vol. 32、No. 12、1994
- 15) 柳沢則夫、八巻一幸：中央線重層化構造物小特集のうち「景観設計」、SED No. 2、1994
- 16) 石橋忠良：鉄道高架橋のデザイン、セメント・コンクリート、No. 570、1994
- 17) 津國博英氏へのヒアリング、2019. 8. 26
- 18) 石橋忠良氏へのヒアリング、2019. 8. 27
- 19) 環境デザイン95「東京駅高架橋」、日経コンストラクション、1995. 7. 14