

# 関連人物に着目した日本のプレストレスト コンクリート技術の導入と発展の特徴

網倉 朔太郎<sup>1</sup>・中井 祐<sup>2</sup>

<sup>1</sup>学生非会員 東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻  
(〒113-8657 東京都文京区本郷7-3-1, E-mail:amikura-sakutaro772@g.ecc.u-tokyo.ac.jp)

<sup>2</sup>正会員 工博 東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻  
(〒113-8657 東京都文京区本郷7-3-1, E-mail:yu@civil.t.u-tokyo.ac.jp)

欧州発祥のプレストレストコンクリート(以下PC)技術は、日本では戦後復興期に実用段階に達し、その後の高度成長期のインフラ整備に大々的に用いられた。本研究では日本へのPC技術の導入と発展に重要な役割を果たした吉田徳次郎と平山復二郎の動向と思想に着目しながら、PC技術黎明期の歴史的な整理を行った。日本のPC技術には、導入されてから間もなく急速に普及・発展し、民間施工会社を中心に設計段階まで含めた技術的な蓄積が行われてきたという特徴があり、その特徴がPC技術自体の性質に加えて、原理特許の存在など歴史的な経緯に起因することを指摘し、さらに関連人物の動向や思想が影響している可能性を示唆した。

**キーワード:** プレストレストコンクリート, 土木技術史, 人物史, 吉田徳次郎, 平山復二郎

## 1. はじめに

### (1) 研究の目的

近代土木技術の後発国であった日本では、官庁のエンジニアの手による設計技術の導入に力を注いだ。安価な労働力頼みで必ずしも技術力を持たない請負業者によって施工が行われる傾向があった。大正時代に入って鉄筋コンクリートや建設機械など新たな技術が使用されるようになると、前近代的な施工に関する弊害が顕在化するようになった。一方、戦後に本格的に日本に導入されたプレストレストコンクリート(以下PC)技術は、専門技術を有する民間の施工会社が主導して設計段階を含めた技術の蓄積が行ってきたという特徴がある。本研究では日本のPC技術の黎明期に深く関与した人物に着目しながら歴史的な整理を行うとともに、特有の技術文化が形成された背景について考察することを目的とする。

### (2) 既往研究

#### a) PCの黎明期の歴史に関して

日本のPC技術黎明期に関して、PC橋の架設技術の変遷(得能, 1983)や、日本初の本格的PC鉄道橋として2021年に重要文化財に指定された第一大戸川橋梁(上田, 2008)など具体の構造物について研究が行われている。また、近年PC工学会PCアーカイブス委員会によりPCの歴史的資料のアーカイブ事業が行われているが、PC技術の導入と発展の歴史に関する全体像の整理はいまだ十分でない。

#### b) 戦前から戦後にかけての土木技術者について

戦前と戦後の双方の時代に土木技術者として活動した世代は、戦前に蓄積された日本の土木技術を継承しつつ、社会や技術の急速な変化に対応することを模索しながら戦後土木の基礎を築いた重要な存在であると考えられるが、この点に着目した研究は見られなかった。また、土木史における人物研究は蓄積が少なく、吉田徳次郎と平山復二郎を取り上げた人物研究は行われていない。

## 1. 吉田徳次郎と平山復二郎の略歴と思想

### (1) 戦後までの両者の略歴

日本のPC技術の黎明期における重要な人物として、その途中で立場を変えながらも、一貫してPC技術の導入と発展に関わり続けた吉田徳次郎、平山復二郎の二人に着目する。ともに1888年に生まれ、東京帝国大学土木工学科の同窓として、後に吉田の岳父となる廣井勇や鉄筋コンクリート工学の科目を開設した柴田畦作らの薫陶を受けて過ごした後、1912年に大正時代の始まりと共に各々の道を歩み始めた二人は、互いに認め合う親友として生涯にわたって公私に深い関わりを続けてゆく(表-1)。

#### a) 吉田徳次郎の略歴

大学を首席で卒業した後、設立間もない九州帝国大学工科大学に赴任した吉田は当初、道路施工や河川測量など様々な教科を担当し、1918年には「土圧及擁壁設計法」を出版したが、1919年留学先のIllinois大学にて生涯の

師と仰ぐA. N. Talbotの下で寒中コンクリートの研究を行って以降、コンクリート、特にその施工を専門とした。

自身が日本で広める役割を担ったAbramsの水セメント比理論(1918年)によってコンクリートの配合設計が可能になり、特に関東大震災以降は従来の煉瓦に変わってコンクリートが大量に使用されるようになってゆく時代であって、留学時の経験から「土木工学は経験と実験を基として進歩発達したもの」であり西洋文献からの習得に偏っていた当時の学問では「日本の土木工学は一步も外国の上に出ることは出来ない」と批判した吉田は、九州帝国大学および1938年より東京帝国大学で膨大な実験を重ね、「最高強度コンクリートの製造に就いて」など、当時の世界的な水準に匹敵する独自の研究成果を打ち立てていった。学術研究のみならず、土木学会初の鉄筋混凝土標準示方書(1931)の原案作成や、ダムや橋梁におけるコンクリート工事の技術指導など、多方面で活動した。

表-1 PC技術に関連する吉田徳次郎と平山復二郎の略歴

| 吉田徳次郎                               | 平山復二郎                       |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| 1888 神戸生 東京、金沢と転居し四高に進む             | 東京生 一中、一高と進む                |
| 1912 東京帝国大学工科大学土木工学科卒業<br>九州帝国大学に奉職 | 東京帝国大学工科大学土木工学科卒業<br>鉄道院に奉職 |
| 1919 以後2年間の留学 コンクリート研究に専念           | 太田圓三の下で本省建設局に勤務             |
| 1920 留学先で平山と再会する                    | 以後2年間の留学、土木施工の合理化を学ぶ        |
| 1923                                | 太田圓三に従い復興院に向                |
| 1928 鉄筋混凝土標準示方書原案を作成                | 『工事と請負』出版                   |
| 1935頃 PCを大学講義内で紹介し始める               |                             |
| 1938 東京大学に転ずる                       | 満鉄理事として満州に赴任                |
| 1939 講演会の中でPCについて紹介                 | 吉田が奉天の平山を訪問、講演会を開く          |
| 1940 「最高強度コンクリートの製造に就いて」            |                             |
| 1941 鉄道技術研究所鋼筋コンクリート委員会             |                             |
| 1944頃 PCの実験に関する指導を開始                | ピアノ線を鉄道技術研究所に提供             |
| 1945 東京で終戦を迎える                      | 満州で終戦を迎える                   |
| 1946                                | 投獄を経て帰国 白石基礎工事相談役           |
| 1947                                | 海外雑誌で改めてPC技術の重要性を認識         |
| 1948 東京大学退官                         |                             |
| 1951 七尾造船所にてPC技術指導                  | 七尾造船所にてPC技術指導               |
| 1952 ビー・エス・コンクリート社顧問                | ビー・エス・コンクリート社社長             |
| 1953 土木学会PC委員会委員長                   |                             |
| 1955 土木学会PC設計施工指針制定                 | PC懇話会会長、PC工業協会副会長           |
| 1957                                | 米国にてPC国際会議に出席               |
| 1958 PC技術協会会長                       | PC技術協会設立世話人                 |

## b) 平山復二郎の略歴

鉄道院に奉職し房総建設事務所など各地の建設事務所で経験を積み始めた平山は、1919年に本省建設局に異動した。「極めて進取的、実効的な技術者」である太田圓三の下で平山は「技術方面ばかりでなく、人格的な方面でも、大きな感化を受け」ながら(平山, 1961)、機械化をはじめとする施工技術の発展に尽力した。1920年より2年間主に米国に留学し、Illinois大を訪ねて吉田とコンクリートの議論を繰り広げたり、建設機械を大量に購入するなど、コンクリート工法や機械化、請負制度など土木施工の合理化を学んだ。関東大震災の後、太田圓三の後を追って復興院に向出し、吉田徳次郎に技術的な指導

を仰ぎながらレディーミクストコンクリートの考え方を取り入れたプラントを建設するなど、道路課長として工事の機械化や合理化を実践した。鉄道省復帰後は岡山など各地の建設局で吉田徳次郎の協力も仰ぎながら鉄筋コンクリート構造物の特殊設計を取り入れる、丹那トンネルの開通時の所長を努めるなど鉄道建設現場の経験をさらに積んだ後、1938年に南満州鉄道理事として満州に赴任した。満鉄任期満了後も現地に留まって戦後の邦人引き揚げに尽力した後、1947年に帰国し、大学の同窓で旧知の白石多士良が社長を務める白石基礎工事に所属した。

## (2) 戦前の土木技術に関する両者の認識

### a) 吉田徳次郎の認識

吉田徳次郎は1928年『鉄筋コンクリート設計法』の中で、スチールと鉄筋コンクリートの違いとして、鋼は工場生産された部材を用いるため品質が一定しているが、現場で製造されるコンクリートは、施工の如何によって品質に非常な差を生じるため、施工に特別な技術と注意を有すると記した。1932年『鉄筋コンクリート設計法』の中では、「鉄筋コンクリートをして、十分にその特徴を発揮させる為には、適当な設計と同時に周到な施工が極めて大切」であり、材料・設計・施工の一貫性を保つために「設計者が施工の監督まで行う事が一番良い」としている。しかし、設計と施工の一貫性を保つことは実際上は難しく、工事監督者や作業員がコンクリート施工に関する知識を持たず、不当に安い価格で落札された示方書を守る意識を持たない粗悪工事が横行している問題、設計に関しては実状に見合わない完全な施工を前提とした設計が行われ構造物の性能が正しく発揮されない、施工上の不備への心配から過度の安全率を取った不経済な設計が行われているなどの問題を指摘した。すなわち、鉄筋コンクリートの普及によって施工能力が求められるようになったにも関わらず、民間施工企業における技術者の不在、契約制度の欠陥によって必要な技術力を伴わない業者が施工を行うこと、設計と施工の非一貫性などを当時の土木施工の課題と認識していたと考えられる。

### b) 平山復二郎の認識

鉄道省及び復興局において機械化や新たな工法の導入など施工の近代化を積極的に進めていた太田圓三は1925年、土木学会誌に日本の近代文明批判まで踏み込んだ論説「土木工事の改善」を発表し、請負業者が低賃金の人夫を使役する江戸時代以来の施工を脱して、専門的な民間技術者によって機械の使用など合理的な施工へ転換するべきであると説いた。さらに頻繁な異動を伴う官庁においては特定の技術に精通した専門技術者を育成することには限界があり、民間技術者によって専門的な技術が

担われてゆくことが望ましいことも併せて述べ、設計や施工の技術力が適切に評価されるように請負制度を改善し、技術力を持った人材を登用する「コンサルティングエンジニア」の職業的地位の確立が必要であると主張した。翌1926年に太田は悲痛な自殺を遂げたが、平山復二郎は1928年「土木工事の改善」論に負ふ処も大する『工事と請負』を出版し、その遺志を引き継いだ。さらにペンネームの塩田英三名義も含め多数の論説を発表して幅広い問題提起を行いながら、戦後にコンサルタント業の確立及び技術士制度の整備に努めた背景にも、太田の影響を受けて戦前からの思想が作用していたと考えられる。平山は太田の遺族のために基金を設立し生活支援を行ったのみならず、1955年には戦災で損傷した太田圓三記念碑の修復移設事業を行ったことから、平山が太田を深く慕い続けていたことを窺い知ることができる。

### (3) 戦後の土木技術に関する両者の認識

1929年、世界42ヶ国から1300名の技術者が日本に集った万国工業会が開催され、吉田徳次郎も来日した恩師のA. N. Talbotとの再会を果たすなど、昭和に入る前後には国際的な技術の発展に日本が貢献する機運が高まってゆくが、次第に戦争が時代に暗い影を落としていった。「自分のごとくアメリカに留学した連中は、この負け戦が分かっていたはずでありながら、自分自身その方面に対して、もういいかげん戦争はやめるとか、そういう努力をなぜしなかったか」と戦後に振り返った吉田や、満州における関東軍の振る舞いに反発を示していた平山復二郎は、自滅への道を突き進み焼土と化して行く日本をどのような思いで見つめていたのか、本人達による記述は存在していないが、国家の建設に邁進してきた土木技術者としての無念さは想像するに余りある。戦後になって戦時中に途絶えていた海外の技術情報を入手できるようになると、日本の実情をさらに痛感させられることとなった。「今日技術的に世界をリードしてあるアメリカは、実によく技術を導入している。(中略) 今日我々は退歩した技術を復興すべく、欧米、特にアメリカの進歩した技術を出来る限り導入すべきである。」(平山(塩田英三名義), 1948) 「土木技術も退歩の一途をたどり、今日、日本は土木技術において、英米にくらべて、少なくとも20~30年おくらせてしまいましたことが、漸く分かってきて、今更ながら驚いている状態であります。(中略) このおくれを取り戻すばかりでなく、一步でも先んずることができるためには、われわれが、ただただ、土木技術に邁進するよりほかに、道はないと信ずる」(吉田, 1950) のように、戦争による技術の後れを強く自覚し、世界の技術を積極的に取り入れつつ日本の土木技術の水準を高めるという使命感を持っていたと考えられる。

### 3. 日本へのPC技術の導入と発展

引張強度の低いコンクリートに圧縮力を加えるという発想は1880年代には既に存在しており、鉄筋コンクリート製の円筒型貯水槽を外側から鋼線で締め付けて亀裂を防ぐなど、限定的な形で用いられていた。クリーブによる圧縮力の消失など課題は多く、1928年になって高強度コンクリートと高張力鋼を用いたフランスのFreyssinetの手によって初めてPCが実用化可能な段階に達した。日本では1930年代末からPC技術が紹介されはじめ、1950年代初期に実際の構造物に利用されるに至っている(表-2)。

表-2 国内のPC技術の実現に至るまでの概略

| 一般                         | プレテンション方式                          | ポストテンション方式                      |
|----------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| 1932 FreyssinetのPC原理特許     |                                    |                                 |
| 1939 吉田徳次郎による各方式の紹介        | 吉田宏彦による紹介、実験の開始                    |                                 |
| 1941                       | 鉄道技術研究所 鋼弦コンクリート委員会                |                                 |
| 1944                       | 仁杉巖による桁の試験が開始                      |                                 |
| 1946                       | 商工省鋼弦コンクリート委員会(-1948)              |                                 |
| 1949                       | 猪股俊司による耐久性試験の開始                    |                                 |
| 1950 七尾造船所でのPCの研究が開始       | 仁杉巖による国内初のPCの研究論文                  |                                 |
| 1951 PC研究への政府補助金第1号(七尾造船所) | 国鉄によるPCマクラギの試験採用                   | 猪股俊司による桁の試験が開始(Magnet式、七尾造船所施工) |
|                            | 3月 ビー・エス・コンクリート設立                  | 2月 長生橋竣工                        |
|                            | 1952 7月 樺東鋼弦コンクリート振興設立(七尾造船所による施工) | 12月 FKKと各社の契約体制が確立              |
| 1953                       |                                    | 6月 東十郎橋が完成(Freyssinet式)         |

#### (1) 日本へのPC技術の紹介と基礎技術の確立(-1951年)

1928年にFreyssinetは日本でPCの原理全般に対して特許出願を行って1932年に認可されるが、誤った分類に登録されるなどその内容は理解されずPC技術が広まるきっかけとはならなかった。その後PC技術の知識は海外文献経由で日本に入り、吉田徳次郎は米国の雑誌でPCについて知った1935年頃から九州帝国大学の講義内で紹介していたと述懐している。1939年7月に吉田徳次郎が奉天に平山復二郎を訪ねた際の講演で鋼材を節約するために「予め圧縮力を加える方法」を紹介しポストテンション方式とプレテンション方式の違いなどを説明しているが、これは現在確認できる中で最初期のPC技術への言及である。同年9月には福井高専の吉田宏彦がHoyerによるプレテンション方式PCを「鋼弦コンクリート」として紹介して実験に着手し、この用語が一般的に用いられるようになる。戦時下の1941年、鋼材の節約というPC技術の利点が着目され、鉄道大臣官房技術研究所(のち運輸省技術研究所、国鉄技術研究所)に鋼弦コンクリート委員会が組織された。委員長の吉田徳次郎は実験の重要性を説きながら指導を行い、仁杉巖らによってHoyerの著書に基づくプレテンションPCの基礎的な実験研究が行われた。高張力鋼(ピアノ線)は軍事物資として開発が行われて入手の難しかったが、平山復二郎によって満州から吉田徳次郎を経由して提供され、高強度コンクリート製造には吉田徳次郎が最高強度コンクリートの研究で確立した知見が活かされた。その他に京都大学の坂静雄と共同で吉田宏

彦がセメントの入手に苦戦しつつもPC桁の製作を行い、日本発送電においてもPCの研究が試みられたが、鋼線とコンクリートとの附着力不足による滑動が生じるなど十分な成果を挙げることなく、空襲や物資不足が深刻だった戦争末期から敗戦直後にかけて中断を余儀なくされた。

1946年、軍需品だったピアノ線の有効活用を図ることを目的として商工省鋼弦コンクリート委員会が組織され、研究を再開した運輸省技術研究所(元鉄道大臣官房技術研究所)をはじめとする国所管の研究所と大学を中心に、3年間プレテンションPC技術の研究が行われた。鋼弦コンクリート委員会の研究成果は「セメントコンクリート」誌上に発表されて周知され、1948年度までに運輸省技術研究所でPC桁の製作に関して行った研究成果をまとめた1950年の仁杉巖による論文は、日本初の本格的なPC技術の研究論文となった。

その後は国鉄技術研究所(元運輸相技術研究所)がそれ以前の研究を継続する形で国内のPC研究を先導し、吉田徳次郎や國分正胤の指導の下、仁杉巖の研究を引き継いだ猪俣俊二によって耐久性評価に基づくPCマクラギの実用化(1951年)、駅のホーム桁に使用するための国内初のポストテンションPC桁の試験製作(1951年、Magnel方式)が行われ、日本のPC技術が実用の段階に達した。

## (2) PC施工会社の設立(1952年)

その頃第二次世界大戦からの復興が行われていた欧州では、1943年にFreyssinetが設立したSTUP社やその特許の代理店となる系列会社によって、橋梁を初めPC建造物の建設やマクラギや電柱などPC製品の製造が本格的に行われるようになっていた。PC技術が徐々に知名度を得るようになっていた日本でも、戦前同様に深刻な鋼材不足への対応、さらに戦後復興による木材需要の爆発的な増加を食い止めるという観点から、鋼材を節約し木製製品を代替するPC技術が時代の要請するところとなった。

日本国内で初めてPCの工業化を行なったのは、戦争末期に海軍の要請で設立されたもののほとんど稼働せずに敗戦を迎え、苦境に立たされていた東日本重工業(財閥解体により三菱重工から分割)の七尾造船所であった。戦後も造船の仕事に恵まれず農具や漁具などさまざまな製品を作って糊口を凌いでいた七尾造船所は、マクラギの定着具を納めていた国鉄からPCについての情報を入手して活路を見だし、伝手のあった平山復二郎に相談する。平山はPC技術の日本への導入の必要性を強く認識していたことからPC技術への挑戦に賛意を示したため、1950年末より本格的にPCの研究と製造に乗り出すこととなり、1951年度には文部省の研究費を取得して研究が行われた。吉田徳次郎・平山復二郎・吉田宏彦・猪俣俊司らの指導を仰ぎつつ、機械や設備の面では造船技術者も

活躍して、PC枕木の製造や国内初のポストテンション桁の試験製作(猪俣俊二の研究に使用)によってPC技術を習得し、1952年2月には地元の七尾市発注による国内初のPC橋梁(プレテンション式)である長生橋を完成させた。翌月に七尾造船所七尾工場を母体としてピー・エス・コンクリート社が設立され、平山復二郎が社長に、平山の依頼を受けた吉田徳次郎が技術顧問に就任して発起人に名を連ね、日本で初めてのPC技術の専門会社が誕生した。

## (3) FKKの設立とPC技術の普及(1953年)

1949年、戦勝国の出身者が有する日本での特許を延長する「連合人工業所有権戦後措置令」が発令された。これにより、特許認可後15年が経過した1947年に失効していたFreyssinetのPC原理に関する特許が1956年7月まで復活・延長されることとなり、1956年まではあらゆるPC技術はFreyssinetの特許の対象に含まれる状態となっていた。しかし、ピー・エス・コンクリート社の設立を報じる1952年当時の「セメントコンクリート」誌の記事には、Freyssinetを含め過去に出願された特許は既に失効ないし権利放棄されていると明記されているように、特許の措置令については一般には認識されていなかった可能性が高い。特許に関する問題が認識されるようになった経緯については完全には明らかになっていないが、特許の有効性を主張したフランス側と、フランス留学経験がありFreyssinetとも面識のあった国鉄渉外担当の藤田亀太郎らとの交渉が行われた結果、1952年7月にSTUP社の代理店として、藤田自らが社長となり猪俣俊司をはじめとする国鉄の技術者を迎え入れた極東鋼弦コンクリート振興(FKK)が設立され、「鋼弦コンクリート及びコンクリート利用普及のための必要又は有効と認められる調査、宣伝及び指導」が事業内容に掲げられた。同年12月にFKK社と技術援助協定を結ぶことでPC事業が可能となる体制が確立すると、共に七尾造船所を母体とするピー・エス・コンクリート社及び敦賀ピー・エス・コンクリート社の2社にオリエンタルコンクリート社を加えた3社が契約を行った。1953年5月、STUP社からFKKに派遣された仏人技師コパニコの設計、敦賀ピー・エス・コンクリートの施工による国内発のポストテンションPC橋梁・東十郷橋(Freyssinet方式)が完成するなど、多数の鋼線を同時に緊張できるFreyssinet方式の技術的な利点も相まってPC構造物が一気に普及した。1954年7月までは先述の3社が専ら国内PC事業を担ったが、次第にPC施工会社数も増加し、1957年末には30社に達した。

## (4) その後のPC技術の発展と国際進出(1956年)

1955年に吉田徳次郎を委員長とする土木学会プレストレストコンクリート委員会によりプレストレストコンク

リート設計施工指針が制定されたことは、PCの急速な促進につながった。また、政府も研究資金として政府補助金を支給してPC工業の育成を促し、民間会社も積極的な技術研究が行うようになった(表-3)。当初はFKKと技術協定によってポストテンションPCにはFreyssinet方式が専ら用いられていたが、Freyssinetの特許が失効した1956年以降は、平山復二郎が主導し白石基礎工事株式会社が導入したBBRV工法や、Dywidag工法、Leonhardiritt工法などの海外で開発された施工方式の再実施権の取得を行う、さらに自社で新たな技術の開発と特許の取得を行うなど、PCの施工を行う会社が新工法に関して技術的な蓄積を行っていった。

表-3 黎明期のPC技術に関する研究を行った主な組織

| 時期                                | 主な研究組織   |
|-----------------------------------|--|
| 戦前                                | 鉄道技術研究所(東京大学吉田徳次郎の指導)<br>京都大学(福井高専と共同)<br>日本発送電  |
| 1946-48年度                         | 商工省鋼弦コンクリート委員会<br>運輸省技術研究所, 建設省土木研究所・建築研究所<br>東京大学, 京都大学, 東京工業大学, 福井高専<br>日本発送電                    |
| 1948-52年度                         | 国鉄技術研究所<br>七尾造船所(のちピー・エス・コンクリート)   |
| 1952-59年度<br>(内は政府補助金を<br>取得した年度) | ピー・エス・コンクリート(1952-59年度)<br>極東鋼弦コンクリート振興(1952-56,58,59年度)<br>興和コンクリート(1956,57,59年度)<br>別子建設(1956年度) |

1958年には、PC技術に関する国際組織The Federation of International Prestress(FIP)に加入する目的でプレストレストコンクリート技術協会が設立された。会長に就任した吉田は、FIPを通じて海外からの知識を取り入れるだけでなく、「世界のプレストレストコンクリート技術の進歩発達に協力する」(吉田, 1959)ことを使命として掲げ、日本のPC技術の国際的な舞台への進出が行われた。

#### 4. 考察と課題

##### (1) 考察

以上のように、「官庁のエンジニアが設計技術を習得する(その上で技術力を伴わない民間業者が施工を行う)」というそれ以前の日本の土木技術に関する一般的な状況とは異なり、PC技術は設計段階も含めた技術の習得と蓄積が民間の施工会社によって行われて発展してきた。その背景として以下の点が考えられる。

##### a) PC技術自体の性質

仁杉巖が1965年の座談会の中で指摘したように、高強度の鋼線とコンクリートの使用を前提とし、定着などの専門技術を伴うPC技術は従来の鉄筋コンクリート工事よ

りもはるかに高度な技術や専門機械や工場設備を施工者に要求するために、PC技術を専門とする会社の出現を促すことになった。実際に、黎明期のPC事業会社は、初めからPC事業を中心事業として新たに設立された会社か、他の製造業からPC製品の製造に参入した会社がほとんどであった(1959年時点でPC工業協会に加入していた21社のうち、建設業からPC事業に進出した会社は別子建設のみ)。すなわち、鉄筋コンクリートが普及する時代には民間請負業者の技術力不足・設計との非一貫性という問題を抱えながらも施工が行われてきたが、PC技術の導入にあたっては施工者の技術力が前提とされるため、PC技術に強い専門性を持つ施工会社を中心としてPC技術の蓄積が行われる日本国内の状況が生み出されたと考えられる。

##### b) PC技術黎明期におけるFreyssinetの原理特許の存在

日本のPC技術黎明期において、PCの原理に対する特許の存在から各施工会社がFKKとの技術提携を行って独自に開発した工法や他の工法ではなくFreyssinet工法を採用する必要があったことによって、国内のPC技術の水準がある程度担保されたことが想定される。また、国鉄の流れを汲むFKKが、自社で施工まで含めたPC技術の事業化を行うのではなく、技術提供を行って極東地域(日本と台湾)におけるPC技術の利用拡大を図る方針で設立されたことも、PC技術の裾野を広げることにつながったと考えられる。しかし、長大スパン橋の架設などさらなるPC技術の高度化に対応するために、またFKKとの契約のように他社を介することでロイヤリティの負担が重くなる、他社に技術を独占される可能性があるなどの懸念に対処するために、各施工会社は新たなPC工法を導入して設計から施工の技術を一貫して担う体制を競争的に目指すことにつながった。実際に国内でFreyssinet工法以外の工法が解禁されて以降のは、施工会社が主導しながら特許の再実施権取得が行われ、工法に応じた設計段階までを含めたPC技術が各施工会社内に蓄積されてゆくこととなり、日本のPC技術の特徴的な状況を形成した。

##### c) PC技術黎明期における関連人物の動向と思想の影響

PC技術は戦後になって本格的に海外から日本に導入されたが、日本国内で海外の会社が設計から施工まで一貫して行うなどの方法で海外技術がそのまま導入されたのではなく、海外で開発された技術を日本国内で研究し、再現する段階を経て日本人自らの手でPC技術の基礎を確立した。「最高強度コンクリート」の研究結果、徹底した実験を重んじる思想に基づく技術指導など、日本における戦前から吉田徳次郎によって行われてきた研究の蓄積や技術思想の先に、PC技術の実現があったといえる。また、民間の七尾造船所においてPCの事業化が短期間で可能となったのは、戦後の苦境から新技術に命運を託し主体的に技術導入を行う民間事業者としての強い動機が存在し

ていたことに加え、吉田や平山を含む第一人者による積極的な技術的指導が行われたためである。両者は日本の技術水準の後れを強く意識し、戦後復興にあたって海外からの技術を積極的に取り入れてゆくこと、特にPC技術の導入を主張しており、自らその先頭に立つこととなった。また、両者がピー・エス・コンクリート社の設立後も技術顧問と社長として関与し続けたことは、平山が他のPC事業会社の育成とPC業界全体の振興を行ったことと併せて、戦前から両者が望ましいと考えていた専門技術者を擁する施工会社によって設計との一貫性のある施工が行われる状況の実現に大きく寄与したと考えられる。さらに両者は海外からの技術導入を行うだけでなく、日本が世界のPC技術の発展に寄与するという高い志を掲げ、PC橋梁が初めて竣工してからわずか6年後にPC技術協会を設立することでPC技術の国際組織であるFIPに参加し世界を相手に技術的な交流を行う体制をいち早く整えた。以上のように、日本のPC技術の急速な進展や、その後の特徴的な状況が形成された背景には、吉田徳次郎と平山復二郎を初めとしたPC技術の黎明期に重要な役割を果たした人物の思想が反映されている可能性がある。

## (2) 今後の課題

日本で田邊朔郎の設計による鉄筋コンクリート橋梁が竣工したとされる1906年から土木学会初の鉄筋混泥土標準方書が制定されるまで25年をかけたのに対して、PC橋梁が初めて実現してから3年後に設計施工指針が制定された事は、PC技術がいかに急速に普及したかを物語っている。土木構造物でのPCの利用は大部分が都道府県や市町村発注による比較的小規模の道路橋が占めていたが、これらの官公庁が必ずしもPC構造物の高度な設計技術を備えていたとは考えにくい。前述の通り鋼材節約や資源保護の観点、さらに橋梁に関しては急速に行われた道路整備や頻発した水害への対策として、基礎工事やコンクリート打などの現場での施工の負担を減少させることができる、桁高を低くし長スパンを確保できるという特性がPC技術の急速な普及の背景にあると考えられるが、官公庁のエンジニアないし設計業務を補助するコンサルタントによる設計技術の習得という段階を経ずにPC技術が積極的に使用されるに至った具体的な経緯については、個別の構造物におけるPC技術採用の背景や各PC事業会社の営業方針等を含めて、更なる調査を行う必要がある。

## 注

吉田徳次郎の「徳」の字には「德」の表記が多く見られるが、本人による署名などから「徳」が本来の表記と考えられる。参考文献で「德」の字を用いている場合も、本稿では全て本来の表記に統一した。

謝辞：本稿の執筆にあたっては、小野田滋氏、井谷計男氏、宮越堯氏、春日昭夫氏より資料の提供と貴重なご意見を賜りました。心より感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 得能達雄, PC橋の架設工法概要, 川田技報Vol. 3, pp. 204-216, 1983. 1
- 2) 上田洋, 第一大戸川橋梁, Vol. 46-9, pp. 35-38, 2008. 9
- 3) PCアーカイブス 2021 PCの先駆者たち, プレストレストコンクリート工学会, 2021
- 4) 土木学会吉田賞専攻委員会, 吉田徳次郎先生の御遺徳を偲びて, 1993
- 5) 平山復二郎, 土木建設に生きて, 山海堂, 1961
- 6) 平山復二郎記念刊行会, 平山復二郎君の思い出, 1962
- 7) 吉田徳次郎, 土木工学と実験, 土木工学Vol. 1-1, pp. 1-2, 1932. 10
- 8) 吉田徳次郎, 鉄筋コンクリート設計法, 養賢堂, 1932
- 9) 太田圓三, 土木工事の改善, 土木学会誌Vol. 11-3, pp. 467-495, 1925. 6
- 10) 平山復二郎, 工事と請負, 日本工人倶楽部出版部, 1928
- 11) 田上為己, 鉄筋コンクリート橋の歴史・福岡県の古き橋の調査報告, 1979
- 12) 塩田英三, 随想二三, 土木技術Vol. 3-11, pp. 39-41, 1948. 11
- 13) 吉田徳次郎, 土木学会の進む道, 土木学会誌Vol. 35-6, pp. 1-4, 1950. 6
- 14) 吉田徳次郎, コンクリート及び鉄筋コンクリートに関する最近の問題二三に就て, 満鉄業務の友Vol. 19, 1939. 9
- 15) 日本におけるプレストレストコンクリートのルーツ -PC創世期を偲ぶ座談会の記録-, プレストレストコンクリート, Vol. 20-1, pp. 36-51, 1978. 1
- 16) 仁杉巖, 挑戦 鉄道とコンクリートと共に60年, 交通新聞社, 2003
- 17) 仁杉巖, 鋼弦コンクリート桁の設計法に関する実験的研究, 土木学会論文集 No. 7, 1950. 7
- 18) 猪股俊司, プレストレストコンクリート桁に関する研究, 土木学会論文集 No. 17, 1953. 8
- 19) 仁杉巖, ヨーロッパにおけるプレストレストコンクリート, セメントコンクリートNo. 77, pp. 21-27, 1953. 7
- 20) 塩田英三, プレストレストコンクリートについて, 土木技術Vol. 6-7, pp. 42-45, 1952. 7
- 21) 平山復二郎, プレストレストコンクリートの発達について, プレストレストコンクリートVol. 1-1, pp. 3-4, 1959
- 22) 奥田由法, 西垣義彦, 松本一昭, 日本で最初のプレストレストコンクリート道路橋長生橋について. 土木史研究講演集 Vol. 31, pp. 99-102, 2011
- 23) わが国最初のプレストレストコンクリート製造会社の発足, セメント・コンクリートNo. 62, pp. 34, 1952. 4
- 24) プレストレストコンクリート技術協会, Prestressed concrete year book 第一報, 1959
- 25) 吉田徳次郎, 創刊の辞, プレストレストコンクリートVol. 1-1, pp. 1-2, 1959
- 26) 座談会：戦後のコンクリートの歩み(2), コンクリート・ジャーナルVol. 3-6, pp. 1-10, 1965. 10
- 27) 会社12年の歩み, ピー・エス・コンクリート, 1965