



現代日本土木史

第二版

高橋裕著

彰国社

はしがき

最近、漸くにして土木史の講義が、いくつかの大学の土木工学科のカリキュラムに組み込まれ、さらに、次々と多くの大学に広まりつつあることはご同慶の至りである。土木史の重要性と意義については第1章で述べている通りであるが、1950年代からその必要性を主張し、土木技術者としては、土木史の素養を積み、その考え方を練ることが、必須であると考えてきた私にとって、土木史が土木工学教育において陽の目を見るようになったことに隔世の感一入である。と同時に、土木史への認識の高まりを含め、最近の土木教育におけるソフト化傾向は、土木教育はもとより、土木技術、土木事業が、いま歴史的転換期を迎えていることを意味していると思う。

本書の第4章で述べているように、第二次世界大戦後の日本の社会は、そして土木界は、敗戦からの復興、高度経済成長、環境問題の重大化から国際化へと向かって波瀾万丈の歴史であった。その間、土木技術者は脇目も振らず、一心不乱に土木技術を磨き、土木事業を次々と実施してきた。そしていま、辺りを見回すと、そこにはいままでとは異なる新しい状況が着実に進行している。変動しつつある社会環境、そして自然環境の中の土木、国際社会における日本の土木という視点が必須となってきたのである。要するに、積極的に脇目を振らなければならなくなったのである。

転換期に立ったとき、人々は歴史を顧み、その中から教訓を得ようとする。建築とともに、あらゆる技術の中でも最も長い歴史を持っている土木にとって、現時点こそ、土木史的思考が切実に要求されるといえよう。土木史は、土木工学の他の分野と比べ異質であろうが、それなればこそ、その思考を鍛えることが、決して単なる知識の集積ではなく、土木技術者に新たな発想、柔軟な思考、幅広い見方を与えるに違いない。それこそが、これからの土木技術者にとってきわめて重要であると考えられる。

“現代日本土木史”と名付けた本書は、一応、第3章、第4章で扱っている明治以降と、日本に重点を置いている。したがって、江戸時代までの第2章は、第3章以降への導入であり、現代を理解する前提としての大筋の流れを記述したものである。第2章の最終節に西欧における16～19世紀の状況を略述したのも、明治以降、日本が範とした西欧近代土木の起源とその状況を把握しておいて頂きたかったからである。

明治以降の日本に限定したとはいえ、本書で土木工学、技術、事業を満遍なく網羅できるはずがない。大学での教科書として利用できることを主として意識した本書においては、明治以降において歴史を画したと考えられる事業に重点を置き、かつそこで活躍した諸先輩の生き方の紹介、さらに、それらを通して、土木技術の特性の紹介をも意図したつもりである。また、日本の土木技術が展開されてきた場としての日本の自然ならびに社会的特性を、土木との関連に注目して第1章の後半に略述し、あわせて日本の土木を理解するための素養と考えたい。つまり、現代日本土木史を学ぶことは、上述の諸事項に加え、他の技術と比較した場合の土木の特性、そして日本におけるその特性を史的考察を踏まえて理解することにほかならないからである。さらにわれわれの先達の考え方なども記述したのは、土木の意義、土木技術者の生きがい、若い方々に抽象的にではなく、リアルに感じとり、土木技術者としての自信と誇りを持って頂きたかったからである。

私が酒匂敏次さんとの共著で“日本土木技術の歴史”を出版したのは、1960年であった。それ以後、土木学会による2冊の“日本土木史——大正元年～昭和15年”および“日本土木史——昭和16年～昭和40年”（それぞれ1965年、1973年出版）を編集し、その延長線上で、土木学会に“日本土木史研究委員会”設置のお手伝いをしたのは1975年であった。本書は土木工学大系 第1巻第1章の土木小史（彰国社、1982年）を素地として書き改め、日本の技術100年、第6巻（村松貞次郎・高橋裕編）建築・土木（筑摩書房、1989年）の写真を多数引用した。このように土木学会が土木史に関して私に多くの機会を与えて下さり、その間終始岡本義喬さん（現土木学会事務局長）のお世話になった。本書の写真などに関しては、土木学会の五老海正和さん、藤井肇男さんの並々ならぬご協力を頂いた。本書の編集には、

彰国社の田代勝彦さんに全面的に援助頂いた。

ここに土木学会はもとより、これらの方々に深く感謝申し上げる。

最後に、私の若いころから、土木史を深く評価し私を激励して下さった亡き最上武雄先生、建築界から常に私を教え援助下さっている村松貞次郎先生にお礼申し上げたい。

1990年3月

高橋 裕

第二版出版に際して

“現代日本土木史”第一版は1990年に出版された。それから17年を経て、今回その後の土木史の推移を加筆して第二版として出版することとなった。17年前には、土木史は土木工学科のカリキュラムとしてまだ定着していなかったが、幸いにして徐々に各大学で土木史がその地位を確立しつつある。

本書も、この間に12刷を重ねて各大学で利用されていることが、“土木史”の普及を物語っているといえよう。今回新版を世に問うに際して、前著の骨格、構成は変えず、文献解題に最近の重要文献を加え、年表はその都度追加してはきたが、今回2007年までのものを追加した。本文では第3章に重要な土木技術者の大先輩の生き方と業績を若干追加した。前著においても、明治以後の日本の土木界に貢献した大先輩の人生観とその業績を紹介することによって、次代を担う若い人々に土木技術者の生き甲斐を伝えようとしたので、その趣旨をさらに強調するための加筆である。

第4章の最終節は、若干修正し、20世紀から21世紀にかけての回顧と展望の小論を試みた。

元来、土木史の範囲は広く、本書では大学での教科書を意識してテーマは私の主観により取捨選択したことをご容赦頂きたい。いずれさらに補足加筆の機会があれば、より充実した内容にしたいと考えている。

2007年5月

高橋 裕

目次

1 日本土木史の意義と特質	9	3.2.9 鉄道が文明を全国に運んだ明治	107
1.1 土木史の意義	9	3.3 大正と昭和初期における土木技術と土木事業の発展	110
1.1.1 土木史をなぜ学ぶか	9	3.3.1 大正から昭和へ—土木学会の誕生	110
1.1.2 土木の特性	10	3.3.2 丹那トンネルの難工事	112
1.2 日本の土木の特性	15	3.3.3 信濃川の大河津分水	115
1.2.1 日本国土の地理的環境	15	3.3.4 関東大震災とその復興	117
1.2.2 日本の自然特性と土木技術	17	3.3.5 大ダム時代への胎動と水力発電事業の推進	121
1.2.3 日本人の自然観と国土開発	24	3.3.6 台湾に身を捧げた浜野弥四郎と八田與一	124
2 江戸時代までの土木技術の形成	29	3.3.7 南満州鉄道の建設	124
2.1 古代から中世までの日本の土木	29	3.3.8 関門海底トンネルの開通	126
2.2 近世における日本の土木	43	3.3.9 秀でた学問的業績	128
2.3 西欧近代土木工学の発祥と近代土木技術の黎明	60	4 第二次世界大戦後の土木事業の発展	133
2.3.1 西欧近代土木工学の発祥	60	4.1 戦後の混乱から復興へ(1945~59)	134
2.3.2 近代土木技術の黎明	65	4.1.1 戦後の経済危機—食糧危機の克服	134
3 明治維新から第二次世界大戦までの土木技術の近代化	71	4.1.2 愛知用水事業	136
3.1 明治初期における近代土木技術の導入—お雇い外国人の役割	71	4.1.3 打ち続く災害	137
3.2 明治期における土木工学の成立と土木技術の近代化	85	4.1.4 工業の復興のための水力開発	143
3.2.1 土木行政の確立	85	4.1.5 新しい学問分野の勃興	146
3.2.2 トンネル技術の自立	86	4.2 高度成長を支えた旺盛な国土開発	149
3.2.3 近代都市の成立—特に近代的水道の普及	89	4.2.1 高い経済成長率と産業構造の急変	149
3.2.4 軍事土木	94	4.2.2 全国総合開発計画	151
3.2.5 帰国した留学生の活躍—古市公威を例として	94	4.2.3 大ダム時代の到来	154
3.2.6 琵琶湖疏水—土木技術自立への金字塔	99	4.2.4 臨海工業地帯の造成	161
3.2.7 土木技術者教育機関の整備	102	4.2.5 高速交通網の整備	164
3.2.8 明治の土木技術者の思想と生き方—廣井勇を例として	104	4.2.6 都市基盤の整備	167
		4.2.7 住民運動の台頭と環境問題の深刻化	169
		4.3 安定成長期における持続的開発と保全の調和	171
		4.3.1 土木界をめぐる新しい状況	171
		4.3.2 三全総から四全総へ	174
		4.3.3 充実が続く社会基盤施設	176
		4.3.4 快適にして美しい国土へ	184
		4.3.5 四島連結—青函トンネルと瀬戸大橋	185

4.4 第二次世界大戦後の半世紀を顧みる	190
4.5 21世紀の課題	192
4.5.1 地球時代の到来	192
4.5.2 国際化への対応	193
4.5.3 総合性を見直す	193
4.5.4 文化発展の原動力	194
文献解題	196
日本土木史年表	207
明治以前 (B. C. ~1867)	207
明治以降 (1868~2007)	212
索引	235
人名索引	235
地名および事業名索引	238
事項索引	241

1 日本土木史の意義と特質

1.1 土木史の意義

1.1.1 土木史をなぜ学ぶか

およそ人々が共同生活を営もうとする限り、土木事業によってそれを支えなければならぬ。土地を開発し、水を供給し、交通路を切り開き、エネルギーを生産しない限り、われわれは生活や産業を維持向上させることができないからである。エジプトやメソポタミア文明が、あるいは中国の黄河文明などが、まず治水事業によって支えられたことは周知の通りである。わが国でも弥生時代の静岡市の登呂遺跡において、治水のための護岸工事の跡が発見されている。安倍川の氾濫から住居や水田を守ろうとしたためであろう。

このように、土木事業とそれを支える技術は、いずれの地域においても、太古の昔から存在し、発展し、われわれの生活を進展させてきた。その具体的手段として、土木技術者は自然を相手として大地に挑み、農耕牧畜のための土地を開発し、自然の猛威を和らげようとして、さまざまな技術行為を大地に加えてきた。現代の科学技術に基礎を置く土木事業は、明治以降多くを欧米技術を導入することによって、いわゆる近代化を成し遂げたが、土木技術は建築や鉱山技術などとともに、わが国においても古くから蓄積され、わが国の自然条件および社会的要請に応じ、多大の経験を積んで高い水準に達していた。その長い歴史を振り返ると、つとに古代においては中国を中心とする大陸文化、安土桃山時代には南蛮文化の影響を受け、それらを巧みに同化しつつ、日本の自然にそれらの技術を適合させ国土を開発してきた。

したがって、長い歴史を持つ土木技術は、それぞれの時代における社会体制、経済状況、技術水準により、その形態は著しく異なる。社会、経済、技術は、それぞれ互いに深く関係し合っており、その相互関係において土木技術の発展の歩

の訴訟は決して皆無ではなかったが、この訴訟において本格的治水審議が裁判の場で行われたことが、以後の水害裁判に与えた影響は大きかった。さらに、新幹線や空港の騒音など建設後の公害にかかわる問題、空港、高速道路、ダムなどの公共事業計画への反対運動、もしくは訴訟が相次いで発生したのもこのころであった。その原因の一つは、民主主義の進行とともに、住民が行政に異議を唱える気運が醸成されてきたからであり、他の原因としては、高度成長期以後の土木事業の巨大化および高密度な開発のために、それが周辺の自然および社会環境に与える影響もまた大きくなってきたためであろう。

4.3.4 快適にして美しい国土へ

高度成長期の著しい工業発展と経済の急成長によって国民所得と生活水準は数量的に増大した。豊かな経済、満ち足りてきた衣食とは裏腹に、身の回りを見渡せば、そこには汚れた河川や湖沼、荒廃した森林、残りわずかになった白砂青松の砂浜が横たわっている。住民運動も公害反対から自然保護、環境問題へと重点が移り、公共事業もまた景観、環境づくりの要素を逐次織り込むようになってきた。水辺空間の景観設計、美しい道路、海岸や港づくりに見られるウォーターフロント開発、一方、おいしい水、快適な道路、街路景観などを含む美しく楽しい街づくりなどの気運が、80年代以降とみに高まり、住民の公共事業への要望の内容も多面化し、公共事業のソフト化もまた目立つようになってきている。

敗戦以降、われわれが目標としてきた欧米なみの生活水準に現在達するまでに、その社会基盤建設としての土木事業の果たした役割は大きかった。しかし、そこには機能、効率をもっぱら追う経済合理性が強く支配していたといえる。華々しい国土開発を行ってきた土木事業が次に目指すものは、開発の質であり、環境の質、生活の質向上のための土木事業であろう。欧米先進国の国土や都市の中には、その歴史的遺産も含め都市施設のストックと佇み、すなわち、社会基盤の質において、なおわれわれの遠く及ばない面を持っている。われわれが到達した高い生活水準はもとよりフローの水準であり、ストックの水準ではない。しかし、開発の質もまた量的拡大と無関係ではない。つまり、質を考慮した社会基盤の建設なくして、生活水準の質も向上しないであろう。あわただしい高度成長期は用と強、機能と強度（耐久性）を求めるのに急で、美が軽視されたことはなか

ったか。しかし、元来、日本の土木技術は美においても数々のすぐれた成果を挙げてきている。江戸時代、もしくは第二次世界大戦以前に、美や快適性を巧みに計画に導入した風情ある土木構造物、土木施設の例は決して少なくはない。今日、アメニティなる標語的表現で求められている要素は元来、日本の土木技術者が持ち合わせていたものである。80年代の土木事業は、その意味において再出発の時代であったといえよう。

4.3.5 四島連結——青函トンネルと瀬戸大橋

1988年は、土木の二大プロジェクトが完成した画期的な年であった。それは明治以来の悲願であった日本列島が陸路で連結されたからである。すなわち、3月13日、青函トンネルを通過するJR津軽海峡線が開通して本州と北海道が連絡、4月10日には瀬戸大橋（児島・坂出ルート）が開通、JR瀬戸大橋線と本州四国連絡橋公団の有料道路によって本州と四国が結ばれた。

本州と九州を連絡する関門鉄道トンネルが開通した1942年から46年を経て、漸く日本列島の四つの島が一つに合体したことになる。

両事業の効果の第1は、いうまでもなく交通の利便性である。航空や船舶と異なり、鉄道と道路はターミナルへのアクセスの不便がない。第2に交通の安全性と確実性の向上である。両事業の直接の動機が、それぞれ青函連絡船洞爺丸と宇高連絡船紫雲丸の事故に発するのであり、悪天候による危険性と不確実性に悩まされていたことを思えば、安全性と確実性の向上については説明を要しないであろう。特に瀬戸内海の海上交通が年々混雑度を加えてきており、瀬戸大橋の開通は、南北方向をいわば立体交差にした効果がある。効果の第3は、地域間交流の活発化とそれに伴う新しい経済圏の形成である。将来、青函経済圏、瀬戸内経済圏といえる地域が形成されれば、東京圏や在来の大都市圏への集中を緩和させる可能性さえ蔵している。すなわち、新しい交通路の開通が地域開発効果をもたらすことが、今後の交通開発に期待されているといえる。

青函トンネルは、1964年に調査用斜坑の掘削が開始され、7年後の1971年に本坑掘削が開始されてから17年の歳月を要した。完成までに予想を上回る年月を要したのは、地質がきわめて複雑であり、かつ亀裂が多かったため、海底部の80%

以上にわたって、85万m³に及ぶ薬液注入による地盤改良を要し、期待されていたトンネルボーリングマシンによる掘削が不可能であったことなどによる。特に、数多くの断層からの湧水が工期を長くした主な原因となったが、この断層破砕帯突破の実績は今後の内外のトンネル大プロジェクトへの先例として評価されよう。水平ボーリング技術は従来1,000mが限度であったが、ここでは2,150mの世界記録を達成し、前方地質の早期把握を可能にしている。

この青函トンネルは図4.27のように、延長53.85kmの世界一長いトンネルであり、そのうち海底部は23.3km、最深部は海底から100mの深さであり、総工費は5,380億円、延べ1,390万人の手によって完成した。

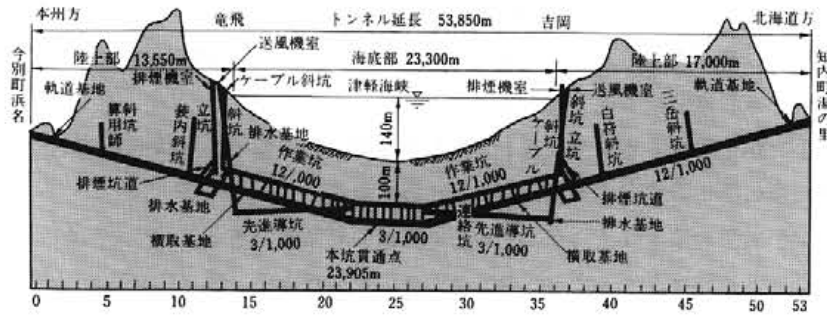


図 4.27 青函トンネルの縦断面図



図 4.28 青函トンネル (村松・高橋編：ビジュアル版日本の技術100年 6 建築・土木, 1989, 筑摩書房より)

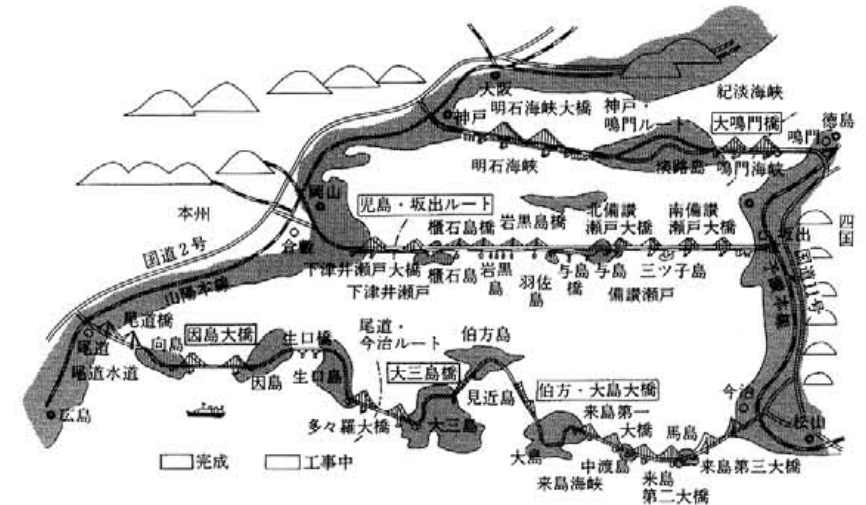


図 4.29 本四連絡橋の3ルート (村田正信：本州四国連絡事業の概要と推移, 橋梁と基礎, 1984.8. p.9)

瀬戸大橋は図4.29のように、海峡部9.4kmは、本州側から下津井瀬戸大橋、櫃石島高架橋、櫃石島橋、岩黒島高架橋、岩黒島橋、与島橋、与島高架橋、北備讃瀬戸大橋、南備讃瀬戸大橋から成る。世界に例のない道路鉄道併用の長径間吊橋3橋、斜張橋2橋、トラス橋を主橋梁とする長大橋梁群であり、日本特有の厳しい条件としての台風、地震はもとより、水深、潮流への対応、瀬戸内海国立公園を通過するために、景観への配慮、国際航路を含む航行船舶、操業漁船などが特に混雑する海域での工事など、かつて未経験のもろもろの困難な条件を克服しての成果であった。

瀬戸大橋の他に尾道・今治ルート、神戸・鳴門ルートの3ルートの本四架橋建設のために、1970年、本州四国連絡橋公団が発足し、73年3ルート同時着工の予定が、オイル・ショックによる総需要抑制策により延期され、瀬戸大橋による児島・坂出ルートを道路鉄道併用橋として早期完成を目指し、1978年10月着工し、9年6か月の歳月と総工費1兆1,300億円をかけ、20世紀の代表的技術所産として誕生した。

瀬戸大橋工事において、新たな技術開発を要した主要な点は下記の通りである。まず、海中橋脚建設に際して数々の条件を突破しなければならなかった。橋脚地点の水深35m、根入れ深さ10~15m、潮流5ノット、海底岩盤は風化層をかぶ



図 4.30 瀬戸大橋（土木学会提供）

った花崗岩であった。橋脚の基礎は剛体基礎、すなわち直接基礎とケーソン基礎で可能と判断されたが、未経験の海上作業に関する実験的裏付け調査が必要とされ、67年から72年にかけて、海中発破、海中コンクリート打設実験、海中鉄構の据付け実験などが行われた結果、設置ケーソン工法により施工した。

坂出側の番の州埋立地は沖積層が深く道路鉄道併用高架橋の橋脚の高さは70mにもなり、軟弱地盤上の高架橋の耐震設計が、列車の走行性との関係で解決しなければならぬ難問であった。これに対しては、直径3mの大口径場所打ち杭を基礎まで、70m近く施工する大型杭基礎となった。

上部工において重要な課題は、耐風設計、耐震設計、ケーブル架設工法などで

あった。耐風設計手法に関しては、早くから長大橋の耐風設計の基礎としての風洞実験による動的照査法、耐震設計のためには吊橋の各構成要素の地震時の挙動が異なることを考慮した全体系の解析モデルを用いた調査研究結果から、各構成要素の慣性力を把握し、設計外力とする手法が採用された。

長大橋の動的応答の実態を明らかにすることは、安全性に関する重要な要素であるため、低周波、高出力の起振機を新たに開発し、南備設瀬戸大橋など4橋にて振動実験を行い、比較的大振幅時の動的特性データを得た。死荷重の大きいこの橋は、反力や移動量は大きくなるので、耐久性の高い支承などに大型鋳鍛鋼品が不可欠のため、鋳鋼と鋼板のハイブリッド構造のサドルの開発などが実施された。また、使用実績の少ない調質高調力鋼の疲労検討のため、大型疲労試験機（600t/200t）によるトラス弦材などの溶接や継手の疲労テスト、超音波自動探傷システムなどの非破壊検査方法も開発された。

塗装面積は約600万 m^2 にも達し、海上という腐食しやすい状況下では、防錆力にすぐれた耐久性の高い塗料が必要であるため、新たな長期防錆型塗料と塗装仕様が開発された。さらに工期短縮と品質確保のため、溶接部以外は上塗りまで工場塗装し、塗装のトータルコストの低減にも役立った。

ケーブル架設には、強潮流、航路閉鎖などの条件を考慮して、大型クレーン船によるフリーハンク方式の開発、塔架設におけるクリーパークレーン、塔の制振装置に粘性ダンパー方式、TMD（動吸収器）方式、桁の架設には大型FC船を使つての大ブロック架設（櫃石島橋の6,100tブロックは、3,500tおよび3,000t吊りの2隻のFC船の相吊りという壮挙）、吊橋の補剛桁架設には、無ヒンジで吊材をトラス強材に直接引き込む多角的同時引込み方式など、いずれも瀬戸大橋架設工事でも初めて採用された方式であった。

これらさまざまな新技術を駆使して完成した瀬戸大橋の経験は、明石海峡大橋という本四架橋最大の技術的クライマックスへの貴重な先例として生かされた。

1998年完成した明石海峡大橋（吊橋）の中央支間1,991mは世界一の長さである。第二次世界大戦後、北九州市の若戸大橋（1962）を原点に、関門橋（1973）、大鳴門橋（1985）、瀬戸大橋（1988）などのすぐれた実績を積み上げた成果であり、日本の吊橋技術の優秀さを物語る。翌1999年には瀬戸内しまなみ海道も開通し、本四三架橋が揃った。