

17) 建設省河川局編：海岸統計，1963.3

18) 土木学会関西支部編：海岸工学の最近の進歩，1961.3

Ⅲ 交 通 路 の 整 備

ここにとり上げる「交通」とは人、物資の輸送を意味する。いわゆる交通は陸上、海上、空中の各交通路を通じて行なわれ、その具体的施設は鉄道、道路、港湾、飛行場などである。すなわち施設は主として交通路とターミナルで土木技術者の活躍する場でもある。

交通は安全、迅速、低廉、正確などの諸要件を満たすためにもそれぞれの機能が発揮され、これらの多種多様の交通路が有機的につながって社会や産業を支えているわけである。交通路の機能は単に人や物資の物理的な位置の変更のみでなく、輸送による経済価値の変化をも生じさせるということから、近代社会における交通の重要性はますます高まっており、国の動脈としての交通路と、都市内交通路の総合的調整が大きな課題となっている。また、そのためには将来の輸送量に関する予測と計画の綿密な検討が必要であろう。

要するに交通路の整備は国土計画における「国土の全体と一部の有機的結合」と「国土と社会の有機的結合」を達成するためには不可欠のものであるといえる。

歴史的に見ると、わが国の交通路の整備は外国技術の導入にはじまる交通路ごとの個別的発展にまかせられてきた感じがある。しかしながら、最近における高度の経済生活水準を維持し、発展させるための交通需要の増加は火を見るよりも明らかであり、また産業の大規模化傾向は交通の総合性、計画性をさらに促進させる原因となるであろう。

以下にのべるように、わが国交通網の整備は、その誕生、成長、発展の経路を経て、いまや総合的飛躍の段階にあり、われわれ土木技術者に与えられた責任と任務はまことに重大であるといえよう。

1. 交通政策

一般に交通設備は通路、運搬具および動力の3つに分類することができる。したがって交通はこれら諸設備のそれぞれの技術の発達と、交通に対する需要と政策とが相まって発展する。交通をうながす動機としては軍事的、社会的あるいは宗教的動機なども軽視できないが、しかしもっとも重要なものは、経済的動機であろう。

交通は輸送の大量、正確、安全、迅速、快適、低廉などの諸条件の追求を目的とし、各輸送機関ともそれぞれその特色を生かしつつ、交通市場に臨んでいる。そして動力の発達過程と生活意識の変せんにつれて、輸送の構造変化がもたらされてゆく。

ところで交通とは広義には人、財貨および観念の移動を意味するが、ここでは通信を除く狭義の交通を採り上げ、わが国国内交通の主として交通路についてそのあゆみをたどってみよう。

明治維新は近代国家への移行の転機であったが、交通についても、それがかってない変革期であったことは疑いない。すなわち 1872 年（明治 5 年）に新橋～横浜間に鉄道が敷設され、これがわが国に近代的交通機関が設けられた最初となった。

この近代交通の芽ばえはやがてわが国輸送の大幹線東海道本線にまで成長するが、国営鉄道の発展と時を同じくして民営鉄道もまた各地に起こった。その後明治末期には全国一貫運輸と公益を目的として、政府による民営会社の買収が推進されることになり、いわゆる鉄道国有化が大規模に行なわれ、鉄道はその体系を整備して早くもわが国陸運の支配的地位を固めるに至った。

一方、四面海に臨むわが国の輸送は古来海運に依存するところが大きであったが、明治中期には、海運振興の目的をもって近代的港湾修築が緒につき、横浜、若松港の工事が着手された。これは東海道本線が全通した 1889 年（明治 22 年）に当たるが、その後神戸、名古屋、大阪、小樽とつぎつぎに主要港の整備が進められた。

ところで道路はどうであろう。いわゆる文明開化の時代にあつて明治政府は鉄道、蒸気

船、電信施設の普及に力をつくしたが、道路は鉄道のはなばなしい躍進の陰にあつて、久しくかえり見られず、参勤交代時代とその姿をほとんど変えることがなかった。もっともわが国に自動車は初めて出現したのが 1899 年（明治 32 年）、国産自動車の誕生も明治末年のことであるから、運搬具としての自動車が普及の段階に達してなかったことにもよる。しかしながら大正時代に入ってから自動車の増加はやがて道路法の制定をうながし、明治維新から半世紀後にともかくも道路が着目されるようになるのである。

大正時代は引続き鉄道の黄金時代でもあり豊富な予算が新線建設に投入されたが、港湾も第 1 次大戦を契機として汽船の発達と鉄道の普及は、水陸連絡の接点としての港湾の重要性を認識させ、その修築が活発化した。当初は、築港工事も大港に集中していたがその後の機帆船と自動車の普及、各地の産業の発達は交通網をさらに普及させ、それが小規模な地方港湾整備の傾向を招いた。

またこの頃から航空機が実用化し、ここにわが国の交通施設も陸・海・空におよぶに至った。わが国航空の創始は 1910 年（明治 43 年）の徳川、日野両大尉の初飛行にみられるが、大正の模倣期を経て、昭和の初期には航空機工業が発生するに至り、これより第 2 次大戦終了まで文字通り飛躍的發展への道を歩むことになるのである。

1879 年（大正 12 年）の関東大震災後は震災復興事業を契機としてコンクリート構造物、道路、港湾などの建設が活発となり、1927 年（昭和 2 年）には上野～浅草間に初めて地下鉄が開通し、東京、大阪、福岡の各空港も 1929 年（昭和 4 年）には完成した。一方、この頃ようやく道路整備と産業振興の関連が注目され、満州事変の起こった 1931 年（昭和 6 年）には国直轄道路事業も始められている。

ところで昭和初期より数年続いた世界的恐慌は、わが国にも未曾有の不況時代を招来し、その対策として公共事業が採り上げられたため、鉄道、道路、港湾など各交通施設の整備が進められはしたが、これらを積極的に総合調整しつつ、交通施設の拡充をはかる努力に欠けたため、各部門の発達に不均衡が目立ちはじめ、そのため輸送分野の混乱を招きこれが今日まで尾を引いているのである。

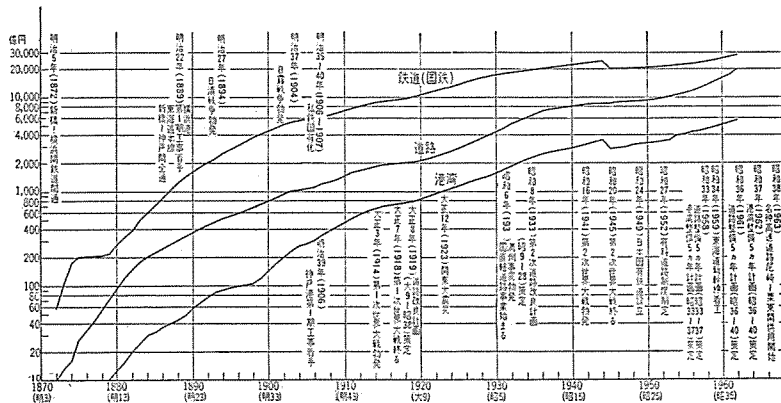
やがて満州事変、日中戦争、さらに第 2 次大戦へとすべてに戦時色が濃くなってゆくにつれ公共事業は不急不要とみなされて、次第に没落の度を強め、交通部門の建設もついに軍事目的以外には見るべきものがなく既存施設も酷使による衰耗と損傷のままにまかき

れた。

戦争はすべてに犠牲を強いたが、交通部門とてもその例外たりえず、その受けた打撃はきわめて大きかった。戦争直後の交通政策は戦災施設の復旧に重点がおかれたが、朝鮮動乱を契機とする経済の急速な拡大は、交通需要の急膨張を招き、たとえば主要港湾における滞船滞貨の増大など交通施設の不足はいよいよ表面化した。このため事態の改善を望む声は一段と高まり、鉄道、港湾、道路、航空の関係法も相ついで改訂、または新たに制定され、新時代にふさわしい交通政策の基礎固めが進められた。

かくしてわが国が独立を回復した 1952 年（昭和 27 年）前後から政府施策も戦後の色彩を漸次脱却し、重点が本格的な交通投資へと移った。政府はそれぞれの長期的整備計画を立て、その実施にあたったが、その後の交通需要が当初の予想を上回ったため、計画の完了をまたぎして新たな長期計画を策定し、これに対処する積極的な努力が傾けられている。これを資産の推移から見れば、1962 年（昭和 37 年）現在の資産額のうち道路については 47%、港湾 31%、鉄道 22%、がいずれも 1955 年（昭和 30 年）以降に形成されたものであり、いかに近年の交通投資が急速に行なわれたかがうかがわれる。

図一3.1 交通資産額の推移図 [1960 年度（昭和 35 年度）価格粗資産]

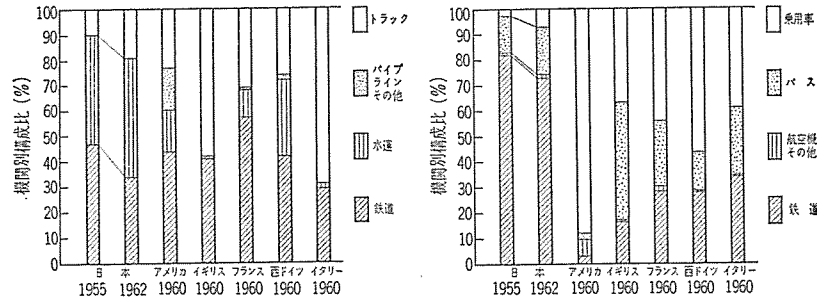


とくに道路はまさに爆発的な自動車の普及に即応すべく、有料道路制度の導入、自動車燃料税の充当による道路財源の確保など画期的な施策が採られ着々と整備が進められてい

る。高速自動車道路では名神高速道路が 1963 年（昭和 38 年）に一部開通、1964 年にはほぼ全通し、引続き東名高速道路の建設も活発に進行中であるが、これらは本格的ハイウェイ時代の到来を告げるものとして大きな意義をもっている。また道路の立体交差化も各所で推進されつつあり、大都市においては自動車専用的高架道路のダイナミックな姿が見られるようになった。そしてこのような交通近代化のきざしは、ほかにもあげられる。1964 年完成の東海道新幹線は時速 200 km、世界一の超特急ひかり号を出現せしめ、欧米において鉄道斜陽論も論じられる今日、鉄道に対する認識に与える影響も大きい。また地下鉄は大都市において近年急速にその路線を延長し都市交通の重要な担い手となり、さらにモノレールの登場は、平面交差の皆無、土地の効率的利用などの利点からその将来が期待される。また 1951 年（昭和 26 年）に再開された民間航空は国内および国際路線網の整備とともにジェット機化もすすみ、超音速旅客機就航の世界航空界のすう勢に呼応して新東京国際空港新設の計画も具体化しつつある。なおヘリコプターの発達も資材輸送のみならず、しばしば人命救助に活躍し、その役割は高く評価されている。また海運についてみれば船舶の大型化、高速化、ならび専用船化が目だっている。

以上に見てきたように、わが国の交通機関も需要に追われながらも漸次発達し、一部には世界的水準に達したものの、輸送力と輸送需要の極端な不均衡、わけても人口過度集中による大都市交通の行きづまり現象などがますます深刻化しつつあり、今後長期にわたって非効率と混乱が続くと予想される実情にある。この打開のためには総合的交通政策の早急な策定と、その着実な実行が望まれるが、政策の基本的な考え方としては、第一に交通投資の拡大、第二に合理的分業体系の確立があげられる。すなわち近年の目ざましい経済の成長は輸送需要の激増を招いているが、今日の交通の混乱は長年の投資不足にも起因するところであって、この事態の解消は単なる当面の糊塗をもってしては望むべくもなく、交通投資の格段の増強こそ不可欠の条件ともいえよう。さらに投資の効率的実施のためには将来の輸送構造の変化の見通しが重要である。わが国の貨客輸送機関別シェアを主要諸国と比較してみると図一3.2 のようであるが、地理的条件その他が諸外国と異なる面があるとしても、わが国では鉄道、水運が比較的発達しているのに対して、道路、航空の輸送力がかなり低く能率的交通分業が未発達の状態にあることがうかがわれる。将来の交通パターンの想定にあたっては、都市交通および都市間交通について先進諸国の歩んだ途を

図-3.2



参照するとともに、それぞれの輸送機関の特性を十分に活かすよう今後の技術進歩の方向や経済発展にともなう影響を慎重に考慮する必要がある。なお、とくに大都市交通問題については都市の過大化防止および再開発などの施策との関連なくしては、究極的解決を望み得ないことが強調されなければならない。

2. 国有鉄道

2.1 鉄道発展の概要

(1) わが国はじめての鉄道と交通における鉄道の役割

明治維新後、文明開化の波にのり、諸外国との交流が始まると政治、経済、文化、軍事など社会のあらゆる分野にわたって、急速に近代化が推し進められたが、なかでも鉄道は近代社会の輸送機関として特に重要視され、1869年（昭和2年）政府自からの事業として、東京～神戸間の幹線および長浜～敦賀間の支線を建設することを決議し、翌1870年東西から着工した。

イギリスの鉄道に遅れること47年、1872年（明治5年）5月7日まず品川～横浜間約25kmが開通、同年10月14日新橋～横浜間約29kmが開通し、以後めざましい発展をとげ今日におよんでいる。ここで鉄道の機能について考えてみよう。

鉄道が一般交通機関としての機能を十分具備していることは、今日の鉄道の普及を見れば明らかであるが、その特徴はつぎのとおりである。

a) 安全かつじん速である 鉄道車両はレールを敷設した一定の線路上を走行するのでその速度を大にすることができるとともに各種の保安設備を施すに便利である。東海道本線における列車速度の変せんは表-3.1のとおりである。

表-3.1 東海道本線における列車速度の変せん

年 度	変 せ ん 事 項	区 間	到達時分 時間 分	表定速度 km/h
1872 (明治5年)	品川～横浜間運転開始	品川～横浜	0—35	43.5
1874 (7)	大阪～神戸間運転開始	大阪～神戸	1—10	28.0
1890 (23)	新橋～神戸間直通列車運転	新橋～神戸	20—05	30.1
1896 (29)	新橋～神戸間急行列車運転	新橋～神戸	17—22	34.8
1903 (36)	ZB形テンダー機関車 6200 形投入 神戸～下関間特急列車運転	新橋～神戸	15—28	39.4
1906 (39)	ZB形テンダー機関車 6400 形投入 旅客列車貫通ブレーキ化	新橋～神戸	13—40	44.2
1907 (40)	新橋～下関間急行列車運転	新橋～下関	25—00	45.3
1912 (45)	全線複線化完了 I.2 等急行運転	新橋～神戸	12—40	47.7
1919 (大正8年)	C51形機関車投入 大津～京都間線路変更	東京～神戸	11—45	51.2
1923 (12)	東京～下関間3等特急列車運転 D50形機関車の新製	東京～神戸	11—17	53.3
1925 (14)	自動連結器の採用 東京～熱海間の電化	東京～神戸	11—17	53.3
1926 (大正15)	東海道全線自動閉塞化完了	東京～神戸	11—17	53.3
1927 (昭和2年)	東京～下関間貨物特急	東京～神戸	11—00	51.8
1921 (4)	東京～大阪間小荷物専用列車	東京～下関	19—50	56.5
1930 (5)	特急「つばめ」運転 停車駅の限定	東京～神戸	8—55	67.5
1931 (6)	旅客列車空気ブレーキ完成	東京～神戸	8—55	67.5
1934 (9)	熱海線全通 臨時「つばめ」運転	東京～神戸 東京～大阪	8—37 8—00	68.5 69.6
1935 (10)	重軌条(50kg) 交換完了	東京～大阪	8—00	69.6
1944 (19)	特急列車全廃	東京～大阪	10—50	51.4

1947 (22)	急行列車全廃 (一時)	東京～大阪	(13—57)	(39.9)
1948 (23)	全国平均 9.6% のスピードダウン	東京～大阪	11—47	47.3
1949 (24)	沼津～浜松間電化 特急「平和」運転	東京～大阪	9—00	61.7
1950 (25)	特急「つばめ」運転	東京～大阪	8—00	69.5
1956 (31)	東海道全線電化完成	東京～大阪	8—00	69.5
1958 (33)	電車特急「こだま」運転	東京～大阪	6—50	81.5
1960 (35)	電車特急「こだま」運転	東京～大阪	6—30	85.7
1964 (39)	東海道新幹線完成	東京～大阪	4—00	171.8

b) 正確、確実である 比較的天候の影響を受けることが少なく、常に一定速度で正確、確実に輸送できる。

c) 大量かつ長距離輸送ができる 船より若干劣るが、陸上交通機関では鉄道以上のものは見当らない。また多くの車両を連結し数百ないし数千キロにわたる長距離輸送ができる。これは堅牢な車両構造やその保守によることはもちろんであるが、同時に平滑な線路を有するからである。

輸送量の伸びについてみると、1872 年 (明治 5 年) 新横～横浜間開通当時の年間輸送量はわずかに旅客 50 万人、貨物 460 t であったが、東海道全通の翌年 1890 年 (明治 23 年) は官私鉄合計、旅客 2 200 万人、貨物 160 万 t と増大した。その後不況などにより一時的に減少の時代もあったが、産業経済の発展とともにめざましく輸送量は増大して現在に至っている。輸送量および生産量の推移は 図-3.3 のとおりである。

d) 輸送費が低廉で便利である 大量輸送をなし得るので、輸送費は比較的低廉となる。また巾員が小さいから狭い場所にも容易に引き入れることができる。自動車ほどの便利さはないが、飛行機や船にくらべると便利でふ頭、工場、倉庫などに欠くことのできないものである。

鉄道は以上のような役割の中で発達してきた。一方道路網の発達により、最近の自動車輸送の伸びは著しいが 1962 年 (昭和 37 年) における交通機関別の輸送量は 表-3.2 のとおりで陸上交通機関として欠くべからざる役割をはたしていることがわかる。

図-3.3 輸送量および生産量の推移

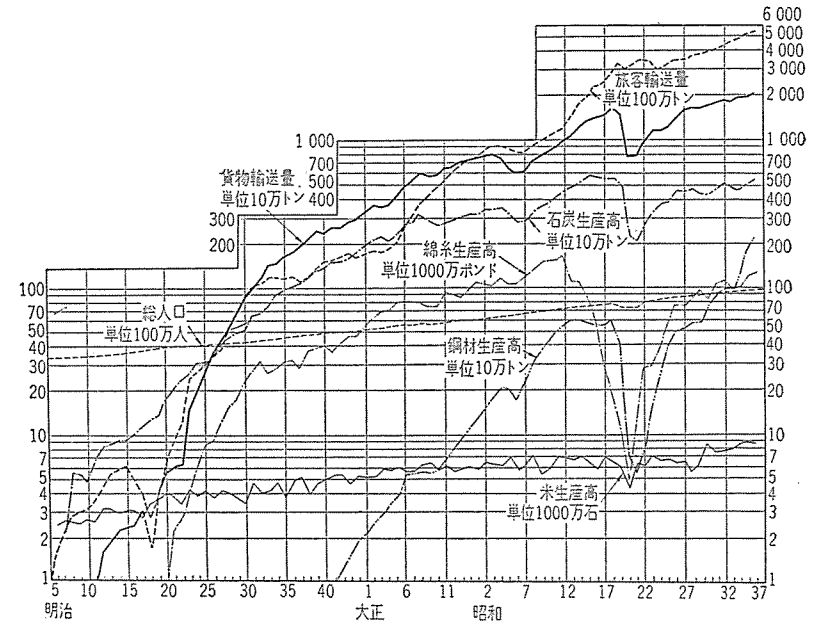


表-3.2 国内交通機関別輸送量 (1962 年度)

	旅 客		貨 物	
	輸送人員(百万人)	人キロ(百万人キロ)	輸送量(百万トン)	噸 料 (百万トンキロ)
鉄 道	(58.0) 13 639	(76.3) 210 803	(12.5) 247	(38.0) 59 081
自 動 車	(41.5) 9 764	(22.8) 62 926	(81.3) 1 602	(19.1) 29 693
船 舶	(0.5) 110	(0.4) 1 200	(6.2) 121	(42.9) 66 814
航 空 機	3	1 600		
計	(100.0) 23 516	(100.0) 276 529	(100.0) 11 970	(100.0) 155 593

() は百分率 (%)

(2) 動力と輸送車両の変せん

1872 年（明治 5 年）新橋～横浜間鉄道開業時の動力は蒸気で、その後 1950 年（昭和 25 年）ごろまで動力車の主体は蒸気機関車であった。

国鉄における電気運転は 1906 年（明治 39 年）に買収した旧甲武鉄道の御茶の水～中野間が最初であり、1911 年（明治 44 年）には信越線碓氷峠の急こう配区間にアプト式の電気機関車を使用した。

大都市における電車運転は、東京近郊では中央線につづいて 1909 年（明治 42 年）に山手線、1914 年（大正 3 年）に京浜線などが電車運転され、大阪近郊でも 1932 年（昭和 7 年）の片町線を最初として通勤輸送を主体に電車運転が行なわれた。

こうして初期の車両から、機関車、客車、貨車ともとつぎつぎ大型化され発展して戦時輸送を迎えた。

戦後は荒廃した車両の復旧とともに輸送量の増大に対処するため車両の増備が続けられた。またサービス向上と輸送力増強のため電化、ディーゼル化による無煙化が提唱され、1950 年に湘南電車の登場によって長距離電車運転の第一歩を踏み出し、1953 年（昭和 28 年）液体式制御方式の開発によってディーゼル動車も連結運転が可能となり非電化区間での旅客輸送に役立っている。また貨車は 1959 年（昭和 34 年）にコンテナ輸送が開始され、戸口から戸口への輸送が進められている。

1956 年（昭和 31 年）東海道線が全線電化され、以後交流方式も交えて電化が進められているが、1964 年 3 月末における車両の総数を示せば表-3.3 のようになる。

表-3.3 車両の両数 1964 年 3 月末

蒸気機関車	3 471
電気機関車	1 048
ディーゼル機関車	383
電車	6 574
ディーゼル動車	3 680
客車	10 773
貨車	133 778

将来は幹線は電化が、支線はディーゼル化が進められ 1975 年（昭和 50 年）には完全に無煙化されることになっている。また各車種とも高速運転に適した輸送量の大きいものとなるであろう。

2.2 鉄道網の整備拡充

(1) 新線建設

a) 鉄道創始時代〔1872 年（明治 5 年）～1882 年（明治 15 年）〕 1872 年（明治 5 年）に新橋～横浜間が、1874 年（明治 7 年）に大阪～神戸間がそれぞれ英国の技術資金および資材をもって開業してから 1882 年（明治 15 年）私鉄日本鉄道が発足するまでは、いわゆる鉄道創始時代である。1880 年（明治 13 年）初めて逢坂山トンネルを含む京都～大津間が日本人のみの手によって完成された。

b) 民営鉄道の創始および主幹線形成時代〔1882 年（明治 15 年）～1892 年（明治 25 年）〕 1882 年（明治 15 年）に日本最初の民営鉄道として設立された日本鉄道会社の手によって、まず高崎線 1884 年（明治 17 年）、東北線 1891 年（明治 24 年）が開通し、これの好成績に刺激されて私鉄熱が勃興〔1887 年（明治 20 年）私設鉄道条例の発布〕し、1892 年（明治 25 年）までに山陽鉄道（兵庫～三原間）、九州鉄道（門司～熊本間）を始め関西、奈良、甲武、両毛、水戸の諸鉄道が相ついで建設され、1889 年（明治 22 年）天竜川橋梁を最後に全通した官設の東海道本線とともに主幹線を形成した。

c) 幹線網整備時代〔1892 年（明治 25 年）～1907 年（明治 40 年）〕 1892 年（明治 25 年）鉄道敷設法が公布施行されてから、1897 年（明治 30 年）前後の私鉄全盛時代を経て 1907 年（明治 40 年）の私鉄国有化に至るまでは、鉄道網の骨幹の形成された時代である。日清、日露戦役の大勝と国力の充実により、主幹線の延伸、副幹線の完成および横断鉄道の整備が行なわれ、1906 年（明治 39 年）、1907 年（40 年）の 17 私鉄 4 543 km（当時官鉄 6 989 km）の買収により、今日の国鉄の輪かくが形成された。

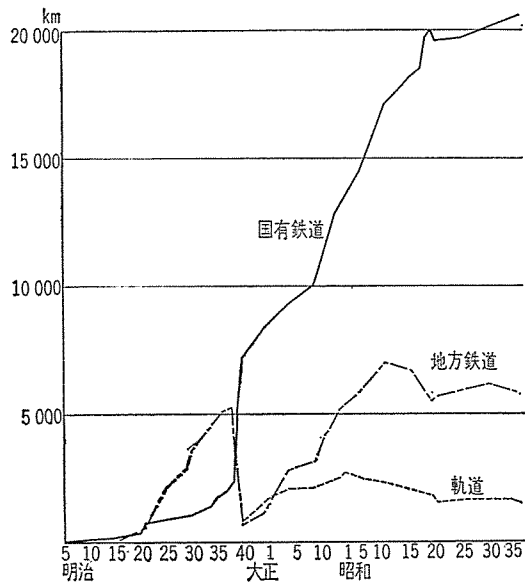
d) 鉄道網拡充時代〔1907 年（明治 40 年）～1937 年（昭和 12 年）〕 明治末期から大正中期までは、鉄道幹線網の補足と軽便鉄道名義による枝線建設の旺盛な時代であり、1922 年（大正 11 年）鉄道敷設法の大改正によって予定線が大幅に増加されてから 1937 年（昭和 12 年）支那事変の始まるまでは、国力の急膨張と相まって、鉄道網拡充のための鉄道建設がさかに行なわれた時代である。昭和初期に開業した建設線の中には、上越線、肥薩線、岩徳線、花輪線、石北線などのように大トンネルの完成をもって、幹線の運輸経路網に一大変革をもたらしたものがある。現在鉄道網の大半はこの時代まで

に建設されたものである。

e) 戦時輸送体制時代から日本鉄道建設公団設立まで〔1937年(昭和12年)～(1964年(昭和39年))〕 支那事変勃発から、第2次世界大戦の終末に至るまでは、国力が軍事に集中したため、新線建設は不活発で軍事要請による一部線区の開業を見たのみである。ただ注目すべきは、関門連絡線の開通 1944年(昭和19年)と東京～下関間の弾丸列車の計画が実施に移されたことである。終戦後は、復興の波にのって、新線建設も一部再開されたが、アメリカの占領政策により全面的に中止された。1951年(昭和26年)に至って、ようやく自主経済達成のため、国内資源開発の着手が認められて投資額も次第に増加して行った。

一方、1949年(昭和24年)国鉄が公共企業体として発足するや、その独立採算制のため、ともすれば政治路線化する赤字線の建設費負担は年々重くなり、1961年(昭和36年)の建設利子補給について、1964年ついに、鉄道建設公団の発足を見るに至ったのである。

図-3.4 鉄道営業キロの推移



(2) 線路増設

a) 輸送力増強対策

鉄道開設以来軌道の延長に力を注ぐ一方、逐年増加する輸送量に対処するため、列車単位の増大、有効長の延伸、待避線の増設、信号場の設置、勾配および曲線改良軌道強化閉そく方式の改良、線路増設、電化などの輸送力増強対策が押し進められ線路増設がその主役を演ずるところとなった。

b) 線路増設 国鉄の複線化率は、諸外国に比し

てきわめて低く、1960年(昭和35年)度末において営業キロ 20313 km に対してわずか 13%にしか過ぎない。この 13%が明治以来進められて来た線増工の成果であり、東海道、山陽両本線と大都市周辺の一部線区がこれにあたる。

戦前の複線化過程は大きく二つに分けられる。第1期は、日清戦争の1895年(明治28年)から日露戦争終了後の復興期 1915年(大正3年)に至る約20年間で、この時代には東海道本線の大部分と、東北本線、函館本線、総武線などの一部、合計約1160 km(単線換算)が複線化された。第2期は第1次世界大戦の1921年(大正10年)から、満州事変直前の1930年(昭和5年)までの約10年間で、この時期には東海道本線複線化残りの完成と、山陽本線の複線化が大々的に押し進められ、常磐線、高崎線、鹿児島本線などと合わせて1190 km(単線換算)が複線化された。

満州事変以後は、熱海線の全通、関門連絡線の複線化のほかは見るべきものがなく終戦を迎えた。戦後10年間は日本経済の立ち直りの時期で、鉄道にとっても老朽施設の改廃を急務とした時代であった。しかし、その後日本経済が奇蹟的な成長をとげ、国民総生産が急激に増大するとこれに比例して輸送量も急伸したので、国鉄では1957年(昭和32年)から、第1次5カ年計画を樹立し、投資規模を倍増してこれに対処することにした。これによって、戦中、戦後の老朽資産の交換をほぼ完了することができたが、複線化のほうは東北本線、北陸本線などの一部を完成した程度で、本格的な複線化による輸送力増強は1961年(昭和36年)に始まった第2次5カ年計画に待たねばならなかった。

表-3.4 各国鉄道の複線延長 1960年(昭和35年)

国名	営業キロ	複線以上の区間	複線化率
	km	km	%
日本	20 313	2 648	13
ドイツ	30 692	12 652	41
フランス	39 178	16 557	42
イギリス	29 596	19 335	65
イタリア	16 637	4 780	29
スイス	2 934	1 262	43
アメリカ	355 377	50 574	14

表-3.5 第2次5カ年計画による複線化予定

線名	営業キロ	1960年まで	第2次5カ年計画	第2次5カ計画
		複線化	複線化(予定)	完了時複線化率
	km	km	km	%
東北本線	740.0	266.9	261.9	71.4
上越線	162.6	7.3	138.4	89.6
信越本線 (高崎~新潟)	328.9	64.6	69.2	40.7
中央本線 (篠ノ井線を含む)	256.9	53.1	158.4	82.2
北陸本線 (米原~直江津)	359.2	66.7	220.3	79.8
鹿児島本線	400.0	115.4	40.4	38.9
その他線区	18 065.4	2 074.2	40.3	11.7
合計	20 313	2 647.6	1 111.9	18.5

c) 線路容量 線路容量、すなわち与えられた線路上に、1日中に運転しうべき最大の列車回数を推定することは、列車の運転線路の改良、線路増設などの計画上、欠くことのできないものである。線路容量という言葉は、かなり古くから用いられているが、その値は運転速度の向上、車両の改良、信号保安設備の改良および駅間距離の短縮などにより逐次向上して来た。

1911年(明治44年)広軌改築調査会は当時の列車運転状況から、単線区間の線路容量は片道24回、複線区間では60回が限度であるとした。この基準は、そのまま大正末期まで金科玉条と考えられて来たが、すべての線区を一律にするのは不合理であるとの声が起こり、その後は各線区の実状に合うようにそれぞれ決められるようになった。理論的な扱いとしては、松縄信太郎1925年(大正14年)山岸輝雄1938年(昭和13年)西野保行1957年(昭和32年)などの理論があり、このうち、山岸理論、西野理論は、かなり完成されたものであるが実用にそぐわない点があるので国鉄では1952年(昭和27年)頃から簡易式をきめ、これを一応の目安として来た。しかるに近年の輸送量急増にともない列車増発の要請が強まるや、限られた投資額で線路を増設する必要が生じ、再び線路容量の問題が再燃した。かくして1959年(昭和34年)線路容量の基礎的研究に関する委員会が設けられ、電子計算機によって列車ダイヤを描くことに成功し、これによってかなり精度の高い線路容量の算定が可能となった。

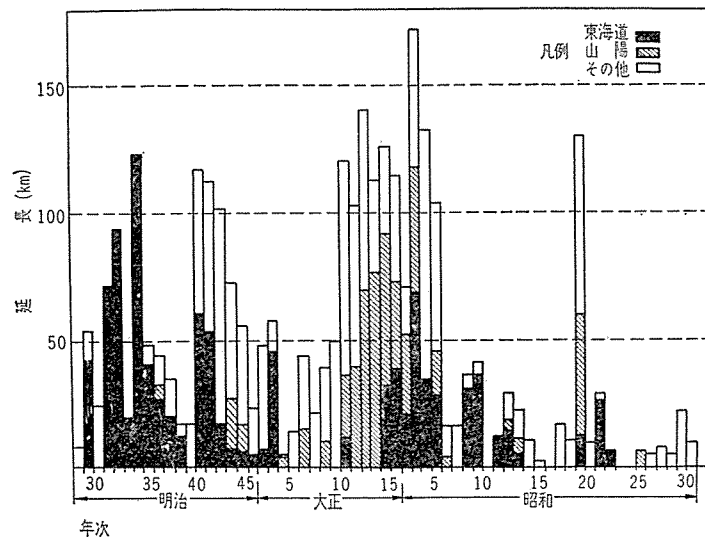
(3) 海峡連絡

わが国土は4つの島からなっており、鉄道網の発達にともなってこれらの島間の連絡が必要となり連絡船が計画され、1901年(明治34年)に関門、1904年(明治37年)に青函(いずれも国有化以前)1910年(明治43年)に宇高の各航路が開設された。

しかし初期の連絡船には貨物を前後の港で積替える必要があった。このため貨車をそのまま航送する計画がたてられ、1905年(明治38年)に関門、1920年(大正9年)に宇高、1924年(大正13年)には青函の各航路で車両航送が開始され、岸壁には必要な設備が設けられることになった。

しかしながら客貨の量が增大すれば貨車輸送力の少ない連絡船では容量に限界があることから本州と九州間の鉄道を直接結ぼうという計画がたてられた。この関門トンネルは1942年(昭和17年)に下り線が、1944年(昭和19年)に上り線が開通して輸送力を

図-3.5 線増工事年代表(単線換算)



飛躍的に増大させた。このトンネルは延長 3 614 m, トンネル上部から海底まで 6 m, 線路は海面下 33 m である。この工事にあたってはあらゆる施策, 工法が試みられたが, 海底部分にはシールド工法を使用して成功をおさめた。

また青函間, 本州四国間についても鉄道によって連絡する計画がたてられ, 各種の調査が行なわれている。青函トンネルはルートもほぼ決まり, 1964 年には試験トンネルの掘削に着手した。このトンネルの延長は計画によると 36.4 km である。

本州四国間については多くのルートが考えられているが, 道路との併用橋梁形式が対象とされ, このための長大径間つり橋および海中橋脚についての研究が行なわれている。

(4) 通勤輸送

都市における輸送は古くは路面電車が主体であったが, 1904 年(明治 37 年)に甲武鉄道(後の中央線)が電車運転を開始し, 以後 1909 年(明治 42 年)に山手線, 1914 年(大正 3 年)に京浜東北線が電車化され, 私鉄においても電車運転が開始された。その後 1925 年(大正 14 年)横須賀線, 1932 年(昭和 7 年)総武線, 1936 年(昭和 11 年)常盤線とつづき, 南武, 鶴見, 青梅線などを買収して東京における今日の通勤電車網が形成された。大阪においては郊外電車運転は私鉄が早く, 1905 年(明治 38 年)に阪神電鉄が開業, その後しだいに私鉄路線網が形成された。国鉄においては 1932 年(昭和 7 年)に片町線, 1933 年(昭和 8 年)城東線, 1934 年(昭和 9 年)東海道山陽線が電車化され, 阪和線の買収によって通勤電車網が作られたのである。

通勤輸送の特長は短時間にきわめて多くの旅客を輸送することであり, その機能は鉄道がもっともすぐれている。とくに東京における国電は都心へ乗換なしに短時間で通じる路線であるために, その混雑は世界的にも有名である。1 本の線路で多くの輸送力を持つためには, 運転時間間隔の短縮および編成車両数の増大の手段がとられるが, ホームの延伸や信号機間隔の短縮にも限度があり, 近距離区間では 10 両編成 3 分間隔, 中距離区間では 15 両編成 3 分間隔が最終目標となる。これで行詰まればはや線路を増設する以外に方法はないが, 線増といっても主としてこの区間は, 家屋の密集地域であるために工事費用地費ともばく大なものとなる。

したがって現在線に張りつけた線増ではなく地下鉄などの別線増という形をとらざるを得ない。現在施工中の中央線と地下鉄 5 号線との相互乗入れは当初の計画の中央線の線増

に代るものであり, 1966 年(昭和 41 年)に直通運転が開始される予定である。

将来は国鉄, 私鉄, 地下鉄の相互乗入れを積極的に行ない, 大都市の通勤輸送を総合的に確保する必要があるものと考えられる。

2.3 駅設備の近代化

(1) 旅客駅

鉄道開業時の旅客駅は新橋(現汐留), 品川, 川崎, 鶴見, 神奈川, 横浜(現桜木町)に設けられたが, いずれも地平駅で設備としては簡単なホームと駅本屋があるだけであった。

その後, 鉄道が発達して線路網は全国に伸びたが, 東京の玄関は長く汐留であった。しかし 1914 年(大正 3 年)には近代的な高架駅として東京駅が開業した。このときは丸の内側の現本屋のみであったが, ルネッサンス式 3 階建てで当時としては日本一の大停車場として首都にふさわしいものであった。この東京駅は旅客専用駅でホームは 4 本であったが 1939 年(昭和 14 年)にホーム 1 本を増設し, 戦後八重州口本屋の新築とホーム 2 本の増設のために, 在来の地平荷物扱および留置線を廃止した。さらに 1964 年東海道新幹線の表玄関としてホーム 2 本が増設され, ホーム 9 本, 発着線 19 本の大旅客駅となったのである。

名古屋駅は 1886 年(明治 19 年)に開業したが, その後東海道, 関西, 中央などの各線が開業したにもかかわらず無計画に過ぎていた。そこで 1918 年(大正 7 年)頃から具体的な改良計画が検討され, 名古屋駅を高架にするとともに旅客駅とし, 貨物駅を笹島, 貨車操車場を稲沢に移転することとし, 工事に着工してから 12 年後の 1937 年(昭和 12 年)2 月に名古屋駅を高架化する切換えを行なった。この結果, ホームは東海道上り, 同下り, 中央, 関西各線に対して 1 本ずつ, 線路は留置線, 臨港線なども含んで 15 線となった。

大阪駅は 1872 年(明治 5 年)に開業したが, 次第に客貨の量が増えてきた。そこで吹田に貨車操車場, 宮原に客車操車場, 梅田に貨物駅を新設することとし, 大阪駅を旅客駅とする改良工事に 1918 年(大正 7 年)着手した。工事は構内を含めて高架線とし, 乗降場は 5 本として東海道線上下に各 2 本, 城東および西成線用として 1 本設け線路は 12 本

とした。この改良工事は長期にわたり、1934 年（昭和 9 年）6 月に切換えが行なわれ、新高架駅の使用開始となった。これが現在の大阪駅で高架下にコンコースを広くとった設計となっている。また駅本屋の上にステーションホテルを設ける工事が開始されたが、戦争で中断されそのままになっている。これは駅の中に民衆施設を導入する始まりとなった。

博多駅は 1889 年（明治 22 年）九州鉄道の手によって開設され、以後客貨輸送の増大にともない改良の必要が生じてきたが、戦後 1957 年（昭和 32 年）に着手され、香浜操車場および吉塚駅貨物設備を増強し、1963 年（昭和 38 年）に旅客専用駅として移転した。新駅は高架駅で、高架下にコンコースを広くとり、都市計画とマッチした近代的なもので、ホームは現在 4 本、将来は 6 本と計画されている。

民衆駅は 1950 年（昭和 25 年）の豊橋駅を最初として、以後各地で行なわれている。これは国鉄用地内に民衆資本を導入したいわゆる駅ビルを建て、駅施設以外は民衆施設とするものである。東京駅八重州口などのビルのほか、本来盛土高架とするところを民衆資本を導入してスラブ高架とする方式も行なわれている。

天王寺駅は乗降客が次第に増加したために、設備を近代化する目的で線路上空にビルを建てる工事を行ない、1962 年（昭和 37 年）に使用開始となった。線路をまたいだ本格的なビルは国鉄として初めてであるが、ホームの延長部分の線間のあるところへ基礎の柱を建て、道路面と同じ高さの線橋を連絡コンコースとして旅客の通行に便利になっている。また 2 階から上は民衆施設で、ホテル、名店街などが使用している。

（2）貨物駅

初期の貨物扱は小運送機関も発達しておらず、鉄道でかなり目的に近いところまで行ってゆき、貨車と馬車などの間の積替え作業はすべて人力で行なわれていた。

もっとも早く荷役機械が用いられ近代化されたのは大量輸送を必要とする石炭に対してである。北海道や九州では貨車から石炭をおろすには高架線上へ貨車を押し上げ、ここで底板または下部側板を開いて取りおろす方法とした。また、のちに船への積み込み設備として、小樽築港や室蘭にカーダンパー設備が設けられた。

また大都市では客貨分離が行なわれ、1914 年（大正 13 年）東京駅の開業とともに汐留駅は貨物専用駅となった。

大阪では大阪駅が旅客専用化したので、貨物は梅田駅として分離するため、梅田駅の新

設工事が行なわれ、1928 年（昭和 3 年）に開業した。ここは大阪駅の北側に隣接した地平駅で、吹田操車場と複線で結ばれている。

秋葉原駅は都心部にあって、用地を高度に利用するために立体式とし、2 階に線路、ホームを設け、貨物の上下の移動はエレベーターを使用した。

戦後になると貨物輸送の合理化、近代化が叫ばれるようになった。

輸送の近代化としてはまず貨物駅の集約があげられる。すなわち昔は馬車による小運送に合わせて、平均 5 km 間隔に配置されていた貨物駅を 10 km 間隔ぐらいにし、取扱いの少ない駅の貨物扱をやめるように集約が行なわれた。

また貨物の輸送経費のうちで大きい割合を占める荷造包装についても、いわゆるパレチゼーションが進められ合理化された。またホームもトラックの通行自由な低床ホームとして舗装したものとなっている。

一方、小口運送についてもコンテナ方式が開発され、1959 年（昭和 34 年）には汐留—梅田間にコンテナ専用列車が運転され、以後コンテナの輸送量は増加し全国にわたっている。また小口輸送はその貨物の扱単位が小さく、品質形状も一定していないのでこの合理化のためにトラックによるいわゆる代行輸送も拡大し、大駅間は貨車でそこから小駅へはトラックで、という方式がとれ、貨車による輸送時間が大幅に短縮される。一方大駅での設備も近代化し、コンベヤ（トウベヤ）なども使用されるようになった。

将来は手小荷物、小口、小口混載扱を 1 本にまとめ、鉄道と道路（貨車とトラック）の協同輸送によって貨物の速達化が図られるであろう。

（3）ヤード

貨車の両数が少ないときには、貨車の仕訳扱車をする場所は貨物取扱駅に付属した仕訳線でもいいが、取扱両数が多くなると独立した操車場を設けることが必要である。そこで大都市周辺部を主体として操車場が設けられた。また操作数が多い場合にはハンパを設けて、重力によって貨車の仕訳を行なう方が能率よく経済的なので、大操車場にはハンパが設けられた。最初にハンパが設けられたのは田端で 1916 年（大正 5 年）に、その後品川（のちに客車操車場となる）、吹田、稲沢、鳥栖、大宮、新鶴見に設けられた。これらの操車場の 1 日取扱能力は 2 500~5 000 両であった。

吹田操車場新設工事は大阪付近の貨車輸送を円滑にするために 1919 年（大正 8 年）に

着手され、1923 年（大正 12 年）第 1 期工事を終って操車能力 1 日 2 000 両のハンブ操車場として開業した。その後、取扱両数が増加するにしたがって 1928 年（昭和 3 年）には小ハンブを設け、1940 年（昭和 15 年）にはハンブをさらにひとつ新設して上下別とし、取扱能力は 6 000 両という大操車場になった。

新鶴見操車場は品川操車場を客車操車場とし、代りに貨車操車場を移転拡張するために 1924 年（大正 13 年）から工事が行なわれ、1929 年（昭和 4 年）に部分開業し、1937 年（昭和 12 年）に完成開業したもので、ハンブはひとつであるが押上線を 2 線として上下 2 個列車を同時に分解できるようになっている。

戦後になって設備として大きく進歩したのは、ハンブにおけるカーリターダーの採用であろう。戦前はハンブから散転されてくる貨車に、連結手がとび乗ってブレーキをかけていたが、1950 年（昭和 25 年）に新鶴見、ついで吹田、大宮、稲沢にもカーリターダーが設置され、傷害事故防止に貢献することになった。

またハンブから散転される貨車は多くの分岐器を通過するが、この分岐器の転換を機械を利用してより正確に行なうために自動分解設備が開発され、1959 年（昭和 34 年）稲沢、その後吹田、新鶴見にも設置された。

貨車操車場については自動化できる要因が多く、最終的には無人ヤードが考えられるであろう。すなわち自動化できるものとしては、貨車番号行先の検出照査、到着検査、押上作業、ハンブ散転作業、組成作業、出発検査などがあげられる。これらのうち、すでに実用化の試みがなされているものもあり、たとえばハンブからの貨車散転作業におけるカーリターダーおよび転てつ器の自動制御は 1964 年に試験が行なわれ、まもなく実用化される予定であり、入換機関車の自動操縦も試験が行なわれている。

また高能率な組成を目的とした矢羽根式仕訳線も 1964 年に着工した郡山操車場に設けられた。

2.4 線路構造の近代化

(1) 初期の線路構造

1872 年（明治 5 年）京浜間に初めて軌道が施設された当時は、レールは鍛鉄製双頭レールで、鉄製チェア上に木製くさびでこれを固定し、さらにこのチェアをまくらぎにスク

リュースパイクで定着したものであった。レールは長さ 7.2 m、重量 30 kg/m、まくらぎは木製で長さ 210 cm×22.8 cm×11.4 cm、敷設数は 10 m 当り 12.5 本で、道床はフルイ砂利を使用していた。この双頭レールは 1878 年（明治 11 年）から 1879 年にわたる京都～大津間線路敷設を最後としてその後はすべて鋼製平底レールを使用するようになった。このレールは長さ 9 m、重量 30.5 kg/m で、このときから初めてレールとまくらぎとの締結装置として犬くぎが使用された。当時の道床はレールの外側においてまくらぎ上面をおおっており、砂利使用量は軌道 1 m 当り 1.25 m³ であった。その後線路の延伸ともないレールの需要も激増したが、在来のレールは断面形状などに不備の点があり、1898 年（明治 31 年）5 月、旧形を第 1 種、新型を第 2 種と制定した。その後 1900 年（明治 33 年）通信省令で鉄道建設規程が發布されて、鉄道敷設の定規が確立し、軌道構造の大方針が決まった。その内容はつぎのとおりである。

- ① 施工基面の幅は軌道中心よりその外線まで 2.1m 以上とすること。
- ② 軌道の負担力は列車の活荷重に耐えるとともに 1 軸 10 t の活荷重に耐える程度以上とすること。
- ③ レールは鋼製で、重量は 22.3 kg/m 以上であること。機関車車輪 1 対のレールに対する圧力は停止中において 14.224 t より大であってはいけない。これにより軌道の最低限度が規定された。しかし、その後レールをアメリカから輸入するに際し、すでにアメリカにおいて ASCE により定められていたレール断面が理論的、実用的に妥当なものであったのでこれを採用し、1906 年（明治 39 年）11 月第 3 種レールと名づけ、その後購入するものはすべてこの第 3 種とした。この第 3 種レールは長さ 9 m、重量は 29.8 kg/m であった。これと同時に、犬くぎの改良、まくらぎの材種、仕様、寸法およびその配置員数が決められた。

(2) レールの重量化・定尺化

輸送量の増大ともない、レール重量の根本的な改革が考えられるようになった。その結果、長さ 10 m のレールにつきまくらぎ員数を 14 本として 37 kg レールを採用することになった。かくして 37 kg レールは東海道を始め、交通量の頻繁なる区間、すなわち九州線および特に大型機関車を使用するこう配区間ならびにトンネル、そのほかの腐食のはなはだしい箇所を使用することとし、従来敷設した軽レールと順次交換した。1922 年（大

正 11 年) に至り、田町～東神奈川の電車線において軌道延長 32.2 km に対して、在来の 37 kg レールを 50 kg 1 種甲形レールに交換した。一方、標準レール長についても研究がなされ、その結果わが国の鉄道においてはこれまでの最大レール長であった 10 m は、これ以上長くしても差つかえないことが確認され、地区により 10 m、12 m とすることになった。1925 年(大正 14 年) に至り、わが国で最初の ARA-A 型 50 kg レールが製作され、ついで 1927 年(昭和 2 年) 50 kg レール PS 型が製作された。また 1929 年(昭和 4 年) には現在の建設規程が公布され、線路等級にしたがい、使用レールの標準が定められた。すなわち特別甲線は 50 kg レール、甲線および乙線は 37 kg レール、丙線は 30 kg レール、また標準レール長についても甲線、乙線は 25 m、丙線は 20 m とすることになった。

その後国鉄では、戦後の著しい輸送量の伸びに対応すべくレール断面形状の改良を考え、基礎調査を続けて来たが、現用レールの欠点ならびに改良の要点が明確になったので 1961 年(昭和 36 年) 2 月 50 kg、40 kg それぞれ 1 000m ずつ試圧延のうえ 1961 年 9 月試験敷設した。その結果 1962 年(昭和 37 年) 度から 50 kg PS、37 kg ASCE に代って全面的に 50 kgN および 40 kgN レールを採用することになった。

(3) 弾性締結とコンクリートまくらぎの採用

鉄道に敷設するまくらぎは従来もっぱら木材を使用してきたが、1918 年(大正 7 年) 頃から資源欠乏のため価格が騰貴し、その需給のバランスに行詰りがくる傾向を示した。そのため鉄道省においては、代用品として鉄筋コンクリートまくらぎを試験的に敷設した。これが国鉄におけるコンクリートまくらぎ採用の第一号である。しかし、1937 年(昭和 12 年) 支那事変の勃発とともにこれらの研究調査も中断され、停頓してしまった。

戦後に至り、材料の不足、労力の欠乏などにより、線路の荒廃はなほだしくきわめて憂慮される状態となった。そこで、極力普通まくらぎの補充をはかるとともに、木材潤濁に対処して、鉄筋コンクリートまくらぎが、再びとり上げられたが、実際に製造されたのは 1948 年(昭和 23 年) 頃からである。しかしこれはセメントの質、施工法に基因するコンクリートの強度の不十分等もあり、きれつの発生という宿命はさけられなかった。しかし 1951 年(昭和 26 年) に初めて試作された PC まくらぎが敷設試験で成功をおさめてからは、これが鉄筋コンクリートにとって代った。コンクリートまくらぎでもっとも困難

な問題はレール締結方法である。これについては新しい方式として二重弾性締結法(レール底部の上下両面からバネでまくらぎに締結する方法)の構想が取り上げられた。

PC まくらぎ 0 号型は本格的な軌道強化用として国鉄で設計試作されたものであり、その後 2 号型、3 号型がつづいて生れた。これが PC まくらぎに二重弾性締結装置を採用した本格的なもので、現在では 200 万本以上に使用され、今後もこの 3 号 5 形を基本としてさらに研究開発が進められている。また PC まくらぎの採用と前後して木まくらぎ用の二重弾性締結も試験的に敷設された。これは現在、大量に敷設されている木まくらぎ用二重弾性締結の主軸をなす F 型タイプレートの初期のものである。PC まくらぎ、木まくらぎ、あるいは、そのほか構造の軌道に適合する弾性締結は今後の軌道保守労力の軽減に貢献するものと期待されており、今もなお改良が進められている。

(4) ロング レールの実用化

レールの継目は軌道構造における最大の弱点であり、車両通過の際に発生する衝撃により、道床がゆるめられ、継目落ちを発生させ、材料の損耗を早め、車両にも不快な動揺を与える。継目通過音のないスムーズな列車走行、乗心地の向上という面以上に線路保守費の軽減という面から、継目部については古くから多数の人によって研究されて来たが、ロング レールの実用化により初めてこの問題が解決されることになった。従来はレールの温度伸縮はレールの長さに比例すると考えられ、レールを連続溶接してロング レール化すれば、その伸縮量はぼう大なものになると考えられ、ロング レールは温度化の少ない長大トンネルに一部敷設されていたにすぎなかった。しかしまくらぎの道床抵抗を利用してレールを拘束すれば伸縮に関与するのは両端各 100m 程度の範囲に限られ、それより内部は不動区間となるため、200 m 以上いくら長くても伸縮量には変わりがなく、この程度の伸縮量ならロング レール化も十分可能であるとの理由から 1939 年(昭和 14 年) 星野陽一によりその理論的根拠が提示され、また新鶴見構内における 200 m ロング レール敷設試験によりその裏づけがなされたが、その実用化は戦争により中断された。その後溶接技術の進歩、座屈に対する安全性の検討と相まって本格的にロング レールが敷設されたのは、1953 年(昭和 28 年) 以降である。

各年度のロングレール敷設状況は表-3.6 のとおりである。ロングレールはいくらの長さでも敷設可能であるが実際は信号の絶縁部などにより、その長さが制約される。

現在敷設されている最も長いレール長を表-3.7に示す。

表-3.6 長大レール敷設延長 軌道延長 (m)

	区 間		計
	一 般	ト ン ネ ル	
1950 年 (25 年度以前)	0	14 865	14 865
1951 年 (26)	0	1 295	1 295
1952 年 (27)	565	4 818	5 383
1953 年 (28)	1 460	0	1 460
1954 年 (29)	1 030	0	1 030
1955 年 (30)	4 570	1 516	6 086
1956 年 (31)	4 888	11 914	16 802
1957 年 (32)	8 909	16 275	25 184
1958 年 (33)	14 331	34 364	48 695
1959 年 (34)	31 430	22 555	53 985
1960 年 (35)	63 754	45 322	109 076
1961 年 (36)	105 156	61 612	166 768
1962 年 (37)	103 784	15 806	119 590
計	339 877	230 342	570 219

表-3.7 最 長 レ ー ル 長

	線 名	上下別	区 間	長大レール長 m	敷 設 年 月
一 般	東 北 本 線	下	山 目~平 泉	2 098	1963 (38. 8)
	"	"	片 岡~矢 板	1 715	1962 (37.10)
	東 海 道 本 線	上	掛 川~袋 井	1 635	1960 (35.10)
ト ン ネ ル	大 糸 線	単	北 小 谷~平 岩	2 820	1956 (31. 2)
	紀 勢 本 線	"	三 木 里~賀 田	2 425	1959 (34. 3)
	仙 山 線	"	奥 新 川~山 寺	2 425	1937 (12.11)

(5) 分岐器の改良

国鉄創始期における分岐器は一般の軌道材料と同じくすべて輸入品でまかなわれていたが、1910年(明治43年)頃から国産品が使われるようになった。その後製作技術、設計技術の進歩によって、1925年(大正14年)に全面的な分岐器定規図の改正を行なって、いわゆる大正形分岐器が出現した。この形式は現在でも多く使われている。大正形分岐器は外形上の欠点のほかに、ポイント後端継目が弱く、クロッシングが経年により弛緩しやすい上に基本レールをファンングボルトで締結しているために保守が困難など多くの問題点をもっている。

その後の研究により、1936年(昭和11年)に至ってドイツの形式に近い帽子形ポイントと可動クロッシングを組み合わせた分岐器が完成された。これは、トンゲレールを帽子形レールから削成する入射角のある曲線ポイントであるが後端継目が弱く、ファンングボルト締結であるなどの欠陥は、依然として除去できなかった。

戦後、さらに高性能分岐器をうるための努力を重ねた結果、1959年(昭和34年)にいわゆる59形分岐器の設計を得た。59形分岐器は、入射角なしの普通レール製曲線トンゲレール、新構想による強化継目構造、調節式レールブレス(くさび作用によって製作公差によるすき間を除去する形式)、トンゲレール面が基本レール面と同高の水平式、基本レールは床板に、床板は犬くぎでまくらぎに定着する犬くぎ式、および組立クロッシングは大床板を使用しない無床板式などの採用をおもな特長としている。

一方、N形レールの制定にともない、いわゆるN形レール用分岐器も1963年(昭和38年)度から使用されるようになった。

Nレール用分岐器の特長は、トンゲレール用レールに非対称特殊断面レール(Sレールと呼んでいる)を採用し、ポイント後端継目構造および基本レールの締結を合理的にし、クロッシング翼レールの上面を一部削成して、車輪乗移り衝撃の緩和をはかり、一部のガードに円曲線導入部を採用したことなどである。

2.5 線路保守の近代化

(1) 初期の線路保守方法

1872年(明治5年)新橋~横浜間の鉄道営業開始に先だち、政府は鉄道寮建築課をおき

諸建築の指揮監督にあたりとともに線路の補修を管理させることになった。1873年(明治6年)9月、日本に招かれたグレゴリ(Edmond Gregoy Holham)は1877年(明治10年)新橋～横浜間の建築師長となり、その在任中に鉄道線路方職務心得を著わし、これき線路保守の基本とした。しかし当時の保線作業はほとんど人力に依存し、わずかに運搬作業に手押しの特ローを使用していた程度に過ぎなかった。また当時は鉄道の創設時代であり官、私設ともに並行して発達した関係上、線路の構造、規格は統一を欠き軌道整備の状態や保守方式もきわめてばらばらであったが、1906年(明治39年)鉄道敷設法が公布され国有鉄道が私鉄17社を買収したことを契機として、1912年(明治45年)軌道整備規程を制定し、軌道の整備状態を画一的に管理する基礎を確立した。

鉄道の創始時代の保守方法で、特に現在と変っていた点を二、三あげると、道床バラストをまくらぎ上面におおひ、まくらぎを太陽および風雨にさらさないようにするのを定規としていたことで、ただレールの継目部だけは継目板やボルトを点検するためにバラストをかきのけていた。これは1897年(明治30年)頃に海外でバラスト散布をまくらぎ上面までとしており、この方式は保守上経済的であるばかりでなく、点検にも便利であることがわかり、まくらぎ上面まで露出するよう改正された。

また線路の敷設については1899年～1900年(明治32～33年)までは官設、私設鉄道ともほとんど1/20の傾斜敷設をしていた。すなわちアメリカから輸入した1/20の傾斜付タイプレートをレール1本について数箇所のみに取り付け、他のまくらぎはレール敷設面を1/20に切欠いで敷設していたが、まくらぎの腐朽を早め、その耐用命数を短縮させる結果となったので、だんだん水平敷設に改められた(現在ではタイプレート施設箇所は1/40の傾斜敷設をしている)。

(2) 保線作業の機械化とこれにともなう保守方式の変化

保線作業に機械力が導入され始めたのは大体大正中期頃からである。しかし当時の機械としては、わずかに運搬用、巡視用の軌道モーターカー程度で道床突固め用のタイタンパーも大正末期に輸入し種々試験を行なったが、機械力に対する認識不足などから実用化には至らず、加えて戦争による資材、燃料の不足などにより、旧態依然たるものであった。本格的に機械化が推進され始めたのは戦後のことである。まず保守作業にもっとも大きな割合を占める道床突固め作業の機械化をはかるべく、マルチプルタイタンパー、タイタ

図-3.6 複線式軌道更新法

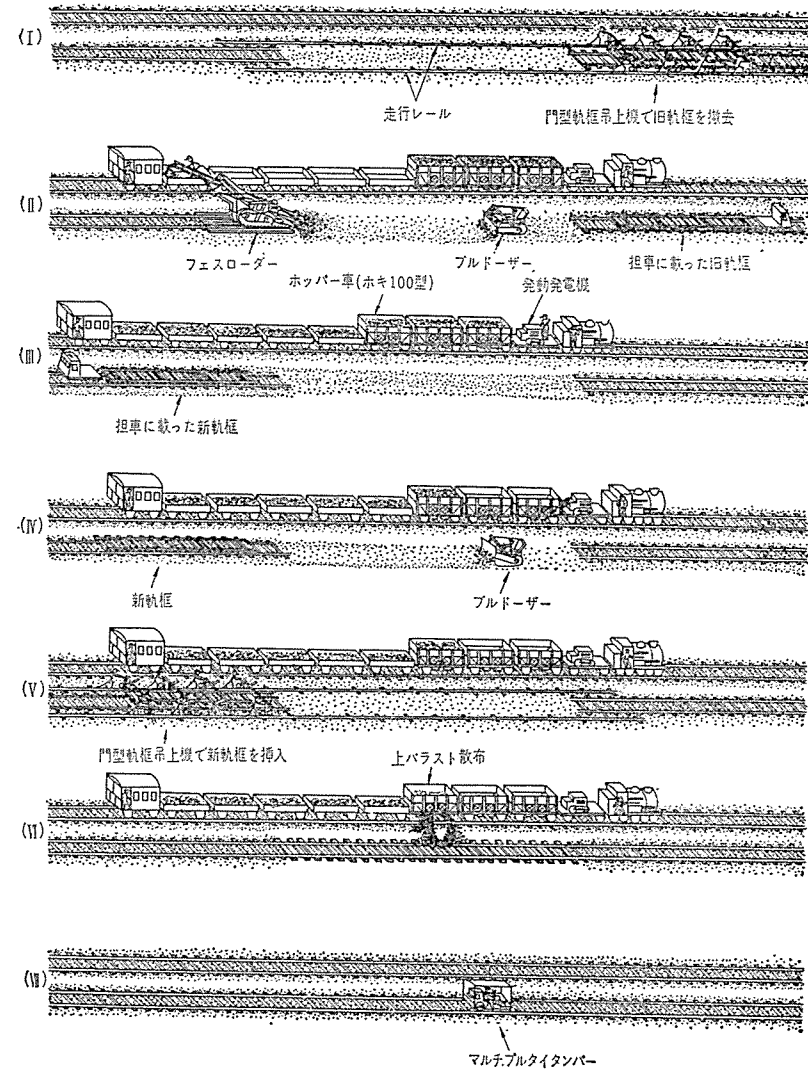
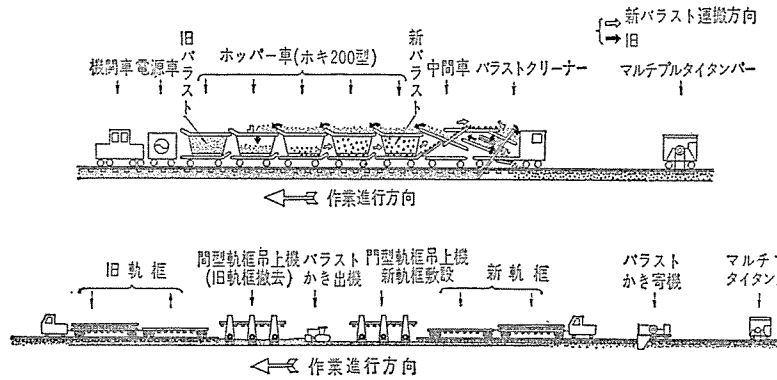


図-3.7 単線式軌道更新法



ンパーなどを導入したのを始め、レール交換器、バラストクリーナー、バラスト散布車なども広く使用され始めた。この機械力をもっとも活用した代表的なものが軌道の材料を一挙に新しくする軌道更新法である。この軌道更新作業は主として主要幹線で3~4時間の列車間合をとって1日およそ100~150m程度施工している。この作業の施工法の概要を示したものが図-3.6, 3.7である。

一般にわが国の鉄道の線路保守方式は、線路に不良箇所が発生し次第、随時これを補修してゆくいわゆる随時修繕方式をとって来た。この随時修繕方式は線路をこまかく分割して各区間ごとに一定の保守要員を常駐させ、この区間内の保線作業いっさいを行なわせる方法で毎日または一定期間ごとに線路巡回を行なって線路の破壊された箇所を発見し、随時に材料の交換、補修また軌道面の整正を行なって線路を保守してゆく方式である。この方式は常に線路の最弱点を修繕してゆくので軌道の強度を均一に保つことができるという利点がある反面、作業が分散的となるため機械化作業には不適当な方式である。したがって最近ではロングレール化、PCまくらぎ化、道床厚増などの軌道強化を契機として保守方式も随時修繕方式から定期修繕方式に改め、機械力を活用した集中作業によって作業能率の向上をはかっている。この定期修繕方式は随時修繕方式にくらべて管理部門での計画が立てやすく、計画的な保線作業を行なうことができる利点があり、欧米諸国では一般にこの方式を採用している。

(3) 線路状態検査の近代化と統計的管理方法

軌道の保守管理を行なうためには軌道状態を適確には把握する必要がある。軌道は力学的に不完全な構造物であるので、列車のくり返し荷重により永久変形すなわち軌道狂いが発生すること

写真-3.1 総合軌道検測車

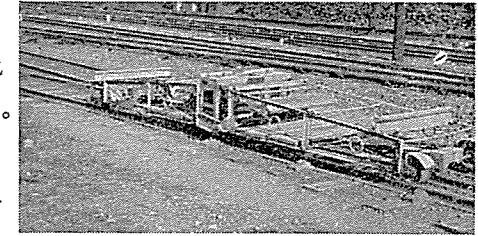
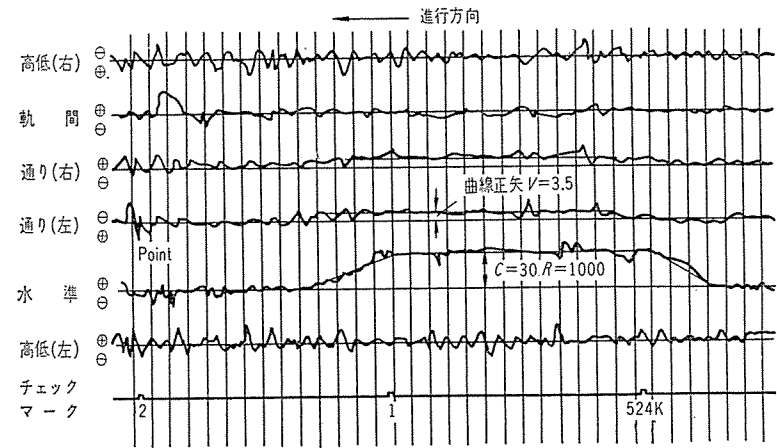


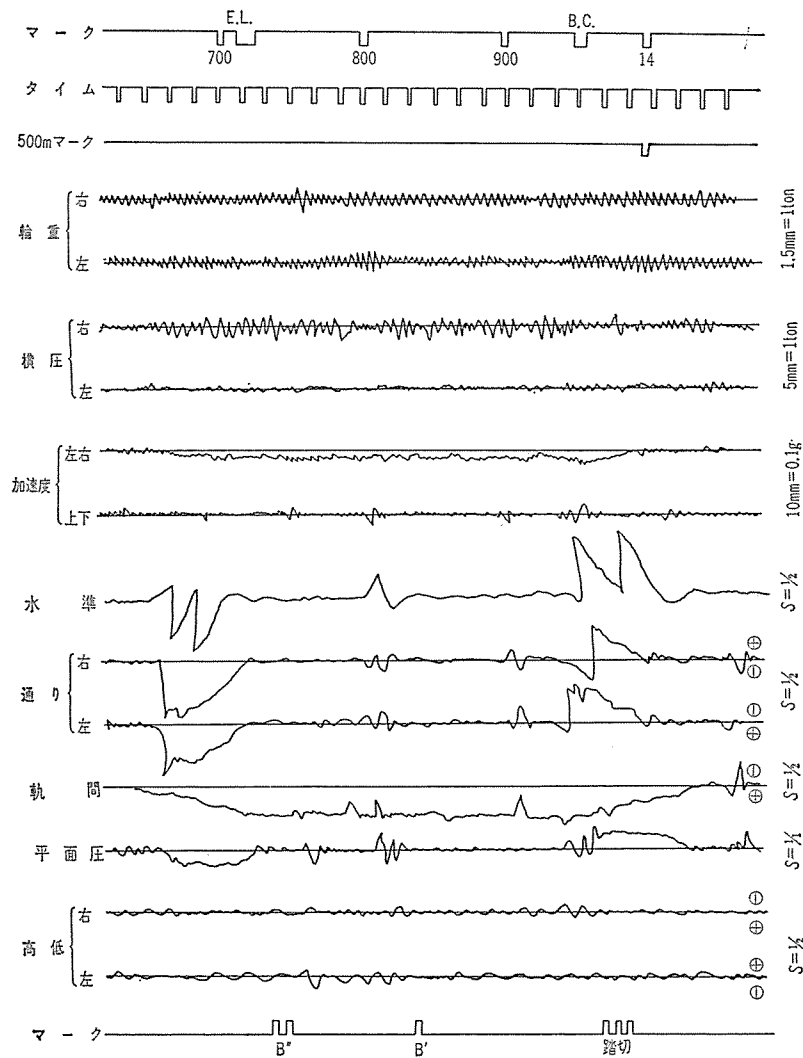
図-3.8 総合軌道検測車のチャート



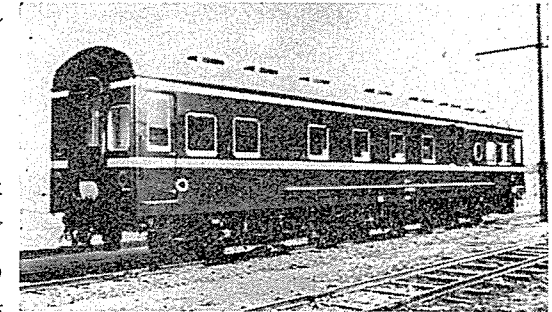
は避けられない。したがって軌道の管理を行なう上には当然この軌道狂いを検測する必要があるが、従来はすべて人力による手検測に依存していた。国鉄ではこの検測業務を能率化するため、1945年(昭和20年)末から研究試作を続けて来たが、1949年(昭和24年)頃から総合軌道検測車が実用化され現在では広く使用されるに至った。この総合軌道検測車(写真-3.1)はモーターカーによってけん引され時速10~15kmで軌間、水準、高低、通りの4項目について検測し、その結果を図-3.8のように自記することができる。

さらに実際の列車荷重が載った際の軌道狂い(動的狂い)を能率よく測定する目的で1960年(昭和35年)高速軌道検測車(写真-3.2)が製作され、軌道状態が検測されるようになった。この検測車は前記軌道狂い4項目のほか、平面性(軌道のねじれ)上下左

図—3.9 高速軌道検測車のチャート



写真—3.2 高速軌道検測車



写真—3.3 内部写真



右の動揺加速度なども測定する装置を備えており、1日500～600kmの長距離検測を行なえる、きわめて高性能なものである。

従来行なわれていた手検測はいわゆる点の狂いの測定に過ぎなかったが、これらの検測車の開発によって、線の狂いと平面性の狂いの連続検測ができるようになったことは、保線工学上画期的なことといえる。またこれらの検測データについても従来は単に平均値、最大値あるいは保守目標超過数などによって線路の状態を表現していたが1949年(昭和24年)

小野木次郎が保守度 H を発表し、軌道状態の管理に確率分布の思想を導入して以来、管理部門における軌道状態の管理に推計学的手法が用いられるようになり、科学的な管理システムが確立された。

現在使われている軌道狂い指数 P はある区間において軌道の狂いを一定間隔ごとに測定すれば一群の狂いの数値が得られる。この数値群の分布はほぼ正規分布と見なすことができるので、この数値群から算出された平均値 m と標準偏差 σ により規定される正規分布においてある限度(国鉄では $\pm 3\text{mm}$)以上の狂いの存在する割合を軌道狂い指数 P と呼ぶものである。

なお高速軌道検測車は 3mm 以上の狂いを自動的に検出し、これを計数する自動計数装置を備えているので、きわめて簡単な計算によって P を算出することができる。

管理部門においては、この P の管理図を作り、軌道状態の推移、変動をチェックし、

緩和曲線形状については、従来からの 3 次放物線形としてカントのてい減を正弦曲線半波長形とした特殊な緩和曲線を用いている。

表—3.8 曲線半径別延長表 (線路延長)

曲線半径 R (m)	延長 (km)	全線 516 km に対する割合 (%)
$R < 400$	0	0
$400 \leqq R < 1\ 200$	10.6	2.0
$1\ 200 \leqq R < 2\ 000$	9.3	1.6
$2\ 000 \leqq R < 6\ 000$	159.0	30.9
$6\ 000 \leqq R < 10\ 000$	23.0	4.9
$10\ 000 \leqq R$	13.3	2.6
計	215.2	41.6

こう配は車両がすべて電車となるので、その主電動機の温度上昇を考慮して 15/1 000 を標準としている。

橋梁の全延長は約 57 km で長大橋梁の総延長は約 21 km, そのうち 0.5 km 以上の長大橋梁は 9 箇所あり、もっとも長い富士川橋梁は 1 374 m で国鉄では最長である。

これらの桁の設計にあたっては、工期の短縮、経済性などが考慮され、標準設計として鉄筋コンクリート桁 (2~30 m), P C 桁 (3~35 m), 鉄桁 (10~35 m), 合成桁 (10~35 m) そして鋼構桁 (3×60 m, 1×60 m) がつくられた。

また新幹線は人口の多い地域を通過するので、用地の節約、高架橋下の空間の利用を考慮して、高架橋が相当延長採用され、その延長は約 115 km で全線の 22% に達する。

トンネルは、その数 67 箇所総延長約 69 km, そのうち長さ 2 km 以上の長大トンネルは 12 箇所あり、最長は丹那トンネルで 7 905 m である。

停車場は、新横浜、小田原、熱海、静岡、浜松、豊橋、名古屋、岐阜羽島、米原および京都で始終端の東京、新大阪駅を含めて全部で 12 駅である。

これらの駅のほとんどが繁華な市街地にあるので、用地取得のためその前後に大きい曲線半径をとり入れることができない駅もあるが、通過する列車に対しては、大きな速度制限を与えない設計とした。各駅の配線略図を示すと 図—3.12 のとおりである。

図—3.12 新幹線配線略図

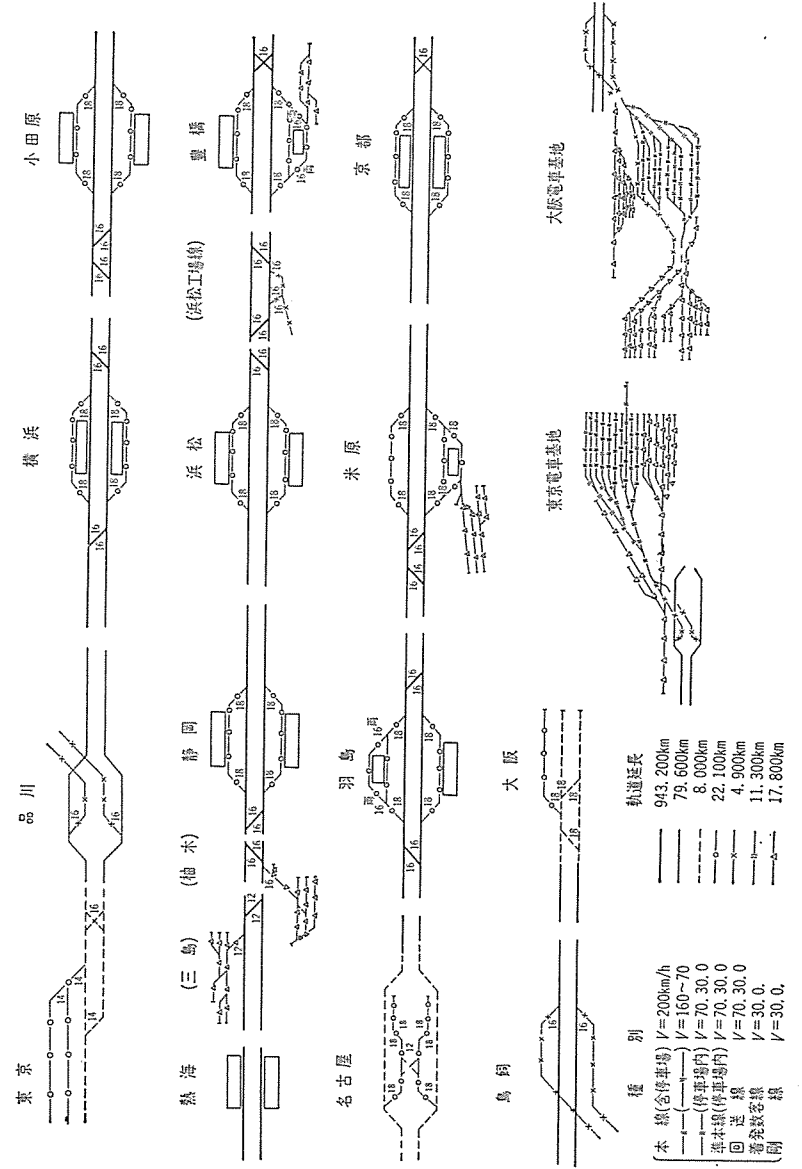
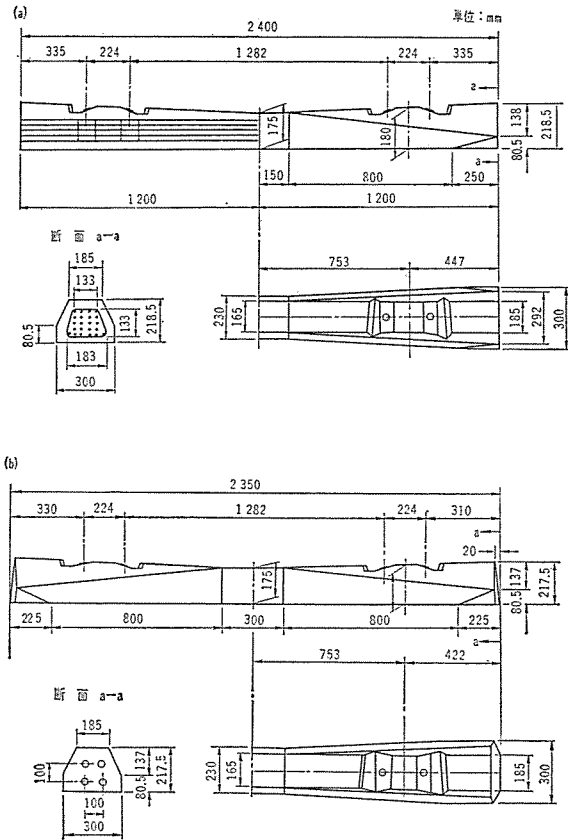


図-3.14 P C まくらぎ



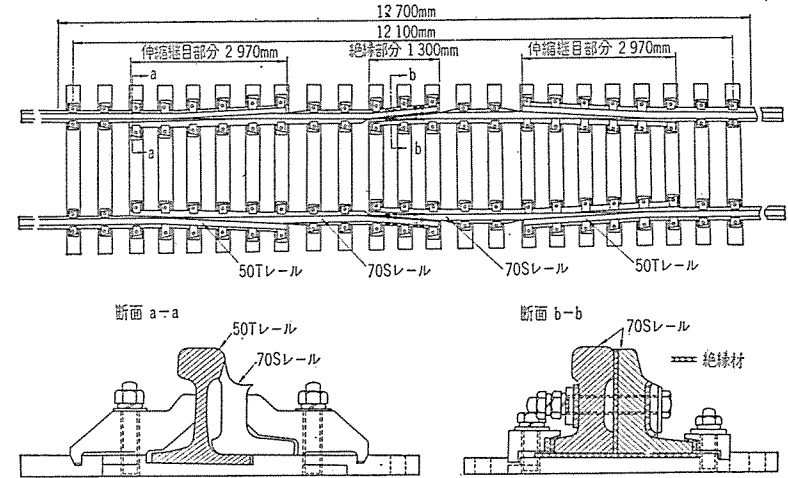
時間に大量のまくらぎが供給できるよう計画した。プレテンション方式のまくらぎは 図-3.14 (a)のごとく $\phi 2.9$ mm の 2本より P C 鋼線 44 本、ポストテンション方式のまくらぎは、 $\phi 12$ m m の 鋼棒 4本、または 図-3.14 (b)のごときヘヤピン型鋼棒 2本を用いている。

このコンクリートまくらぎとレールとの締結装置については、スプリングクリップとゴムパッドを用いた二重弾性締結を用い、ゴムパッドは 7 mm 厚さでバネ定数も軟らかくし、振動を効果的に吸収するよう考えており、特に高速運転に対し

て、横圧および横方向の衝撃緩和のため、横押えバネを使用する設計とした。また左右レールの電気絶縁のため、バネ受け台および埋込栓にはプラスチック材を用いている。

道床バラストの厚さは、一般区間は 300 mm としている。コンクリートまくらぎの中央部は道床の反力を受けないように中央部の道床は中すかすことにしている。新幹線では、高速区間は全線ロングレールとするので、座屈に対する安全性を考えて、まくらぎの横方向の道床抵抗を増すため、道床肩幅は 50 cm 以上とした。

図-3.15 伸縮継目器

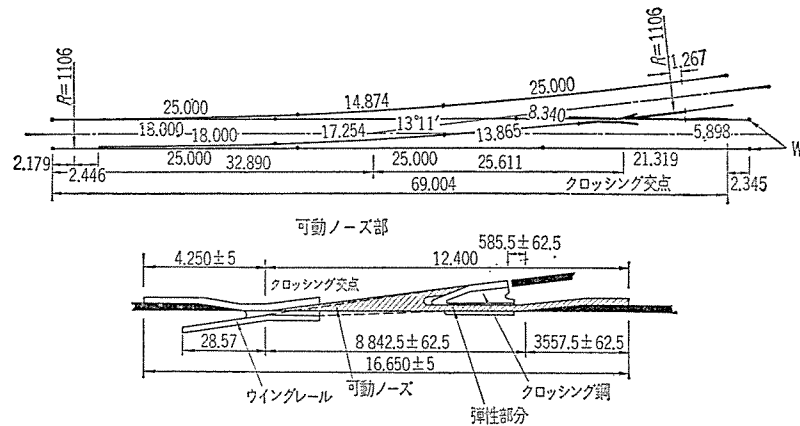


ロングレールは信号用の軌道回路のために、約 1.5 km ごとに電気絶縁を設けなければならないので、図-3.15 のような伸縮継目器を敷設する。この場合、ロングレールの端は、レールの弾性限界内の曲率で曲げあげてあるので、温度変化によるレールの伸縮にかかわらず、軌間の変化はない。中央部には信号用の絶縁継目があり、その両端に伸縮部があるので、絶縁部は軸力が 0 で不動の構造である。絶縁材にはプラスチック材を用い、レールに接着させ、その寿命の延伸をはかっている。

新幹線の分岐器については、約 50 km ごとに駅があり、通過列車は分岐器の直線側を 200 km/h で速度制限なしで通りうる 図-3.16 のようなノーズ可動分岐器を使用している。この分岐器は、クロッシングのノーズ部分を可動とし、その転換によってノーズ先端がウィングレールに密着し、従来からの固定クロッシングにある欠線部をなくすることができ、したがってガードレールも不要となるので、200 km/h という高速で通過しても支障はなく、この構造は世界にも例のない設計である。なおこのクロッシング部は高マンガング鋼製で、耐摩耗性をはかっている。

軌道の保守について、機械化による定期修繕方式を採用し、夜間にある毎日 3 時間の間合および 1 週間に 1 回貨物列車を運休させて生ずる 8 時間の間合いを利用して、総修繕工

図—3.16 18キノーズ可動形分岐器



事周期 1 年，更新工事周期 10 年で，高度の質の維持をはかる。

保守計画にもっとも大切な軌道検測については，高速軌道試験車を用いて行なう。この車両は総重量約 68 t でボギー構造，タイヤなどの走行部は旅客電車とほとんど同じであり，測定された軌道状態による機械的変位は電气的に変換され，必要な演算ののち記録ペンに伝えられるので，高速運転での測定に適している。

測定項目は，ねじれ，軌間，水準，通り，高低の軌道狂いのほか，その時間的変化量も記録できる。このほか左右，上下の振動加速度と車輪のスポークにワイヤー ストレインゲージをはり，走行時の横圧，輪重および，横圧／輪重が記録できる。

(4) 軌道敷設工事

軌道敷設のためには，一般に用地費の節約のため新幹線の路盤上を利用して軌道基地を設け，そこで軌きょう組立てなどの作業をした。

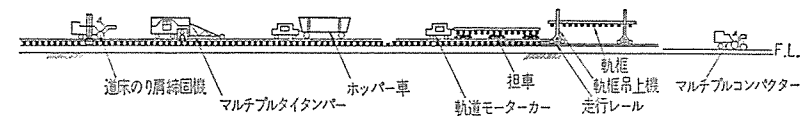
まくらぎ，レールその他の軌道材料は，基地まで狭軌線で搬入集積し，25 m 長さのレールはガス圧接あるいはフラッシュバット溶接により，50 または 100 m に溶接した。

軌きょうの組立ては，組立線上にまくらぎを配列し，溶接されたレールを締結して行なうが，これでの材料の取りおろし運搬配列には走行レール上を移動する 10 t 容量の門形クレーンを用いた。

路盤ができあがると，ただちにまくらぎ下面までのバラストを散布し，マルチプルコンパクターで敷き固める。つぎに基地で組立てた軌きょうを担車で敷設現場まで運搬して敷設するが，そのためにはつぎの工法を用いた。一般には走行レール上を動く 6 t 容量の門形クレーンでこれを敷設するが，この方法に突き固め工法と敷き固め工法とを用いた。

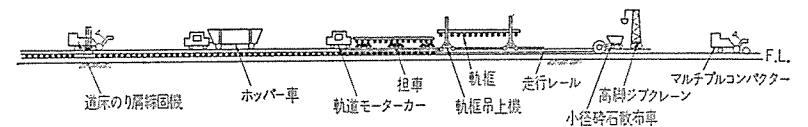
突き固めの工法は 図—3.17 のように，軌きょうを門形クレーンで敷設したのち，通りを整正してホッパー車でまくらぎ上面までバラストを散布し，マルチプルタイタンパーで 30 mm こう上し，突き固めて整備する。

図—3.17 突き固め工法作業図



敷き固め工法は 図—3.18 のごとく，粒径 10~30 mm の小径砕石を走行レール上を動く砕石散布車を用いて左右レール下にそれぞれ幅 800 mm，厚さ 50 mm の 2 つの帯状に散布し，ローラが締固める。この上に軌きょうを門形のクレーンを用いて敷設しホッパー車でまくらぎ上面までバラストを散布して整備を行なう。

図—3.18 敷き固め工法作業図



敷き固め工法は仕上がり精度がよいので，敷設直後にも高速度で運転ができる。

これら二工法は，いずれも走行レールを必要とし，走行レールの移動が相当の作業量となるが，走行レールを使用せず，少数の人員で軌道敷設する工法として，軌きょう敷設クレーン車工法および特殊門形クレーンと，道床上を軌きょうを積んですべれるそりを用いた特殊門形工法なども使用した。軌きょうの敷設速度は 1 日 1 基地あたり 400~1 000 m の速度であった。

軌きょう敷設後のロングレール化のためのレールの現場溶接には，テルミット溶接，エ

ンクローズ アーク溶接およびガス圧接を用いた。

軌きょうの敷設工程としては鴨宮地区の 33 km のモデル線の建設を早期に完成し、1962 年（昭和 37 年）6 月以降に運転士の教育を兼ねて試運転を行なった。

また 1964 年 5 月から大阪～米原間約 100 km の試運転を行ない、さらに 7 月には東京～大阪間のレール敷設が終了し、全区間試運転が行なわれ、10 月 1 日より営業を開始している。

3. 民 営 鉄 道

3.1 はじめに

民営鉄道は明治以来国有鉄道、自動車とともに陸上輸送部門を担当し、大都市の主要交通機関および地方中小都市間の交通機関、工鉱業開発、観光資源開発のための輸送機関として発展し、日本の産業・経済・社会および文化の発達に大きな役割を果たしてきた。民営鉄道というのは国有鉄道に対する概念であって、私人または公共団体が経営する主として一地方の交通の用に供する交通機関であり、大手私鉄や 6 大都市の経営する鉄道から中小私鉄の経営するわずか数キロの鉄道に至るすべてを総称するものである。民営鉄道に属する各種交通機関としては、地方鉄道、専用鉄道、索道、軌道、専用軌道、無軌条電車がある。地方鉄道には電気、内燃機関、蒸気機関によって車両を運転する普通地方鉄道のほか、鋼索鉄道、懸垂式鉄道、跨座式鉄道、無軌条電車がある。普通地方鉄道は比較的長距離輸送に使われ、専用敷地に敷設される高速の大量輸送機関である。専用鉄道は鉄道に直通または連絡するもので、工業場材料を運び入れ、工場から製品を積み出すために設けられる場合が多い。軌道は軌道法（1921 年、法 76）によって特許を受けた交通機関をいい、形態は普通地方鉄道と全く同様である。法律上は軌道は原則として道路上に施設され（路面電車）例外的に専用敷地に敷設する新設軌道がみとめられている。普通併用軌道は市街地内の低速の小量輸送機関であるのに対し、新設軌道は、地方鉄道と同様であるため、高速で大量輸送機関としてみとめられている。無軌条電車は電車の一種でトロリーバスとも

いわれる。集電装置および電動機その他の構造装置は普通の路面電車とかわらないが、車体操縦機構、車輪などは自動車と同様に軌条を用いないで路面を走行する電車である。

3.2 民営鉄道の盛衰

わが国における鉄道の歴史は 1872 年（明治 5 年）の新橋～横浜間の開通に始まるが民営による鉄道はそれから約 10 年後の 1881 年（明治 14 年）日本鉄道株式会社の東京～青森間の免許取得をはじめ東北鉄道、阪堺鉄道、九州鉄道などの鉄道敷設の請願があり、2 年後の 1883 年（明治 16 年）には上野～熊谷間の一般運輸開始が実現し、わが国民営鉄道の始まりとなっている。以後、民営鉄道は国鉄と同等にわが国の主要幹線輸送を担当し、1884 年（明治 17 年）には 7 社、1887 年（明治 20 年）には 16 社、1889 年（明治 22 年）には 14 社、1890 年（明治 23 年）には 10 社の施設の発起があり、その発展は実にめざましいものがあった。営業キロ数は 1890 年（明治 23 年）には約 800 km であったが、1891 年（明治 24 年）には 1 860 km、1892 年（明治 25 年）には 2 110 km となった。これは官設鉄道 880 km の約 2.5 倍となっている。この間、民営鉄道の施設については法制上の規制がなく、手続きがきわめて不完全なものが多く鉄道の規模がまちまちであって、免許の価値のないものが多かったので官設鉄道拡張のおり、1887 年（明治 20 年）5 月、「私設鉄道条令」を公布して民営鉄道の規制を行なった。これにより、鉄道企業は投資の中心となり、鉄道景気の一時代を出現した。この条令には軌道、馬車鉄道を除き、軌間は 1 067 mm とすることが定められている。

以後民営鉄道は日清、日露の両戦争を経て発展の一路をたどり、その発展状況は表 3.9 のとおりである。

このように日清戦争後の産業の隆盛に乘じ鉄道の請願が陸続として踵を接し、約 450 路線の敷設免許の申請が行なわれたのであるが、その多くは却下された。

当時私設鉄道条令については民営鉄道発展のためには矛盾の点が多いため 1900 年（明治 33 年）3 月、私設鉄道法を公布し、私設鉄道条令を廃止した。その後 1902 年（明治 35 年）には経済恐慌により中小私鉄の没落、合併吸収が相ついで起こり、鉄道運営は広大な規模と大資本によるものでなければ運営が困難であることが痛感されるに至り、鉄道国有論のおこるところとなった。そのうえ日露戦争後の軍事的見地から鉄道の重要性が唱

表—3.9

年 度	仮免許状交付事業社数	本免許状交付事業社数	開 業 事 業
1893年 (明治26年)	6	9	3
1894 (27年)	20	1	4
1895 (28年)	11	11	5
1896 (29年)	29	18	4
1897 (30年)	30	17	9
1898 (31年)	26	9	11
1899 (32年)	11	5	2
1900 (33年)	8	6	1
1901 (34年)	3	—	2
1902 (35年)	1	2	1
1903 (36年)	1	1	1
1904 (37年)	1	—	—
1905 (38年)	2	1	
1906 (39年)	3	1	
1907 (40 年度)以降		9	

えられるに至り、1906年(明治39年)に鉄道国有法案が国会に上程可決されるに至ったのである。

かくして民営鉄道の輸送分野は地方交通のみに限定されることになり北海道炭鉱鉄道ほか16社の主要幹線は相ついで国有鉄道に買収された。

この間1905年(明治38年)には上野～青森間の日本鉄道株式会社、神戸～下関間の山陽鉄道株式会社など営業キロ5232kmとなり、国有鉄道の2464kmに対し2倍強にまで達したのであるが相ついで買収の結果1907年(明治40年)には伊市鉄道ほか19社となり国有鉄道の約10%717kmに縮小した。

私設鉄道法は一地方の交通を目的とするものであるが、その規定はむしろ小鉄道には過重なものであったといわれている。このため地方的小鉄道企業の発展を阻害するという傾向にあった。しかしながら、地方開発を目的とし、簡易な運輸の便をはかるためには「軌道条例」がすでにあったのであるがこれは道路上に敷設する鉄道であって道路の通行上の補助機関であるため、車両連結数、運転速度などに制限があって一般の鉄道としては採用できないため、ここに新しく「軽便鉄道法」が1910年(明治43年)4月公布された。こ

れは規定の内容が簡易であって、軌間は自由であり、曲線こう配の制限を緩和して線路、駅設備も軽易としたもので、地方交通機関にもっとも適したもので建設費も安い。以後、私設鉄道法によるものから、軽便鉄道法に変更するものが続出し、1910年(明治43年)度には17事業者が変更し、私設鉄道法によるものはわずか7事業者、1918年(大正7年)までには私設鉄道法によるものは皆無となった。ところがさらに軽便鉄道法は規制が簡易であること、免許の命令事項のわずらわしさから、これを整備補充する必要があることが認められるに至り、1919年(大正8年)4月私設鉄道法および軽便鉄道法を廃止して現行地方鉄道法が公布された。地方鉄道法施行前における軽便鉄道は30余社であった。

以来、地方鉄道の発展は第1次大戦中ならびにその後のわが国の産業の飛躍的發展にともない運輸機関の必要性はますます増大し、昭和の初頭まで黄金時代を出現した。しかるに第1次大戦後来襲した世界的不景気は一般民営鉄道の経営面にも現われ、自動車運送の普及発達も加わって逐時悪化の傾向をたどってきた。この打開策として経営の合理化、他社との合併、事業の譲渡が行なわれた。一方健全な鉄道事業の発展を促進するため1938年(昭和13年)には陸上交通事業調整法が公布され調整区域を定めて交通調整が行なわれるに至った。その後第2次世界大戦の突入とともに戦時体制確立のため軍需産業地帯、臨港地帯など必要線路が1937年(昭和12年)には4社201.7km、1941年(昭和16年)には4社118.5km、1943年(昭和18年)12社541.3km、1944年(昭和19年)9社510.1kmが、国鉄に買収された。一方残存線路で、山間僻地線の休止廃止、不要不急線の単線化、遊覧地のケーブルカーの廃止など資材不足などのため撤去されるに至り営業キロは極度に減少した。戦後は戦時中の資材不足と酷使により荒廃した設備の復旧に全力が投入され新線建設は中断された。

復旧は線路については橋梁関係とともに優先的に着手されたが必要最小限度の復旧にとどまり運転速度を低下してかろうじて運転を維持するという程度であった。

社会状況の安定するにつれて通勤、通学、観光などの輸送需要が増加しはじめたが、建設費の高い鉄道にかわりバス、トラックの進出が目だち従来の陸上交通における鉄道独占体制を根本的に変革させるまでになり、鉄道と自動車とのはげしい競争段階に入った。これが進展するにつれて、それぞれの輸送機関の技術的、経済的な適性に基づく分野調整、たとえば大都市交通など大量輸送における鉄道の優位と、その他のローカル輸送における

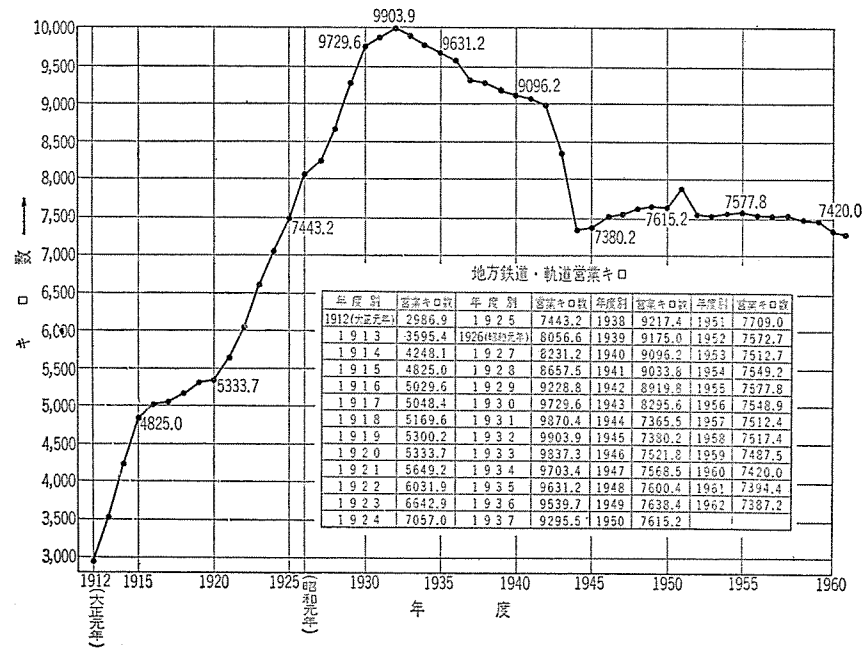
バスの優位が次第に確立されてきたのである。

近年の大都市およびその周辺への人口集中による通勤、通学輸送需要の増大は各種交通機関の輸送力を上回り殺人的ラッシュを出現した。運輸省では都市交通対策について民営鉄道に関しては高速鉄道網の整備、郊外私鉄の都心乗入れおよび路面電車の撤去をとりあげ東京、大阪、名古屋において地下高速鉄道網の路線決定、郊外私鉄の乗入れについて整備調整をはじめに至った。

一方、地方における中小私鉄は自動車の進出により、その経営はきわめて困難となり、新線建設はほとんどなく、むしろ採算性と公益性との板ばさみの状態にあって休止もできず、いかに現状を維持するかに腐心している実状である。

民営鉄道の大正以降における営業線路の消長は 図-3.19 に示すとおりである。

図-3.19 地方鉄道・軌道営業キロ数



3.3 民営鉄道の建設

大正年代においては京浜地区に京成電鉄が生まれ、ついで現在の東京急行電鉄の東横線の一部および目蒲線が全通し、東武鉄道では東上線、名古屋地区では名古屋鉄道の神宮前～豊橋間、京阪神地区では、京阪神急行電鉄の神戸線、近畿日本鉄道の南大阪線、山陽電鉄の兵庫～姫路間、南海電鉄の高野線などが、それぞれ全通した。昭和年代に入り、とくにその初期において現在民営鉄道の主要線と認められるものが続々開業している。

このうちでは、わが国最初の地下鉄上野～浅草間の開業があり、また小田急電鉄が 83 km におよぶ長大な線路を一挙に開業したということが特筆される。開業の主なものをおけると東京地区では小田急電鉄、西武鉄道の新宿線、京王帝都電鉄の新宿～八王子間、東武鉄道の日光線、相模鉄道、京浜急行電鉄の湘南線、京成電鉄の成田線、大阪地区では、京阪神急行電鉄の京都線、近畿日本鉄道の京都線、大阪～山田間の全通などがあげられる。この中で特に注目されるものには青山トンネルの完成がある。地下鉄については、逐次延長開業が行なわれ、東京地下鉄道が 1934 年（昭和 9 年）6 月新橋まで達し、東京高速鉄道の新橋～渋谷間の開通は 1939 年（昭和 14 年）1 月となっている。大阪では、梅田～天王寺間が 1938 年（昭和 13 年）4 月に開業した。

1931～32 年（昭和 6～7 年）頃を経て大都市付近の大手私鉄はさらに鉄道の延長を策し、東京では東武鉄道の宇都宮線、京成電鉄の日暮里～青砥間の開通、ついで日暮里～上野間の地下乗入れが行なわれ、京王帝都電鉄の井の頭線の全通、名古屋地区では近畿日本鉄道の名古屋線、名古屋鉄道の犬山線、岐阜線の全通がみられた。

この期間には京阪神急行電鉄京都線の京都市内地下乗入れ、東武鉄道の雷門～業平橋間の高架乗入れ、東京急行電鉄高島町～桜木町間の高架乗入れが行なわれている。

1936 年（昭和 11 年）以降 1940 年（昭和 15 年）の間は不況時代で新線の建設は少なく、わずかな延長程度のものにすぎなかった。

戦後は社会状況の安定するにつれて大都市、東京、大阪、名古屋などにおける地下鉄の建設が戦前にも増した速度ではじめられ、現在、最盛期に至っているが、このほか、都市周辺の郊外電鉄の都心乗入れならびに複線化、延長が相ついで行なわれている。また観光熱の急速な発展による観光用交通機関としての鉄道建設があり、その代表的なものとして

伊豆急行電鉄の伊東～下田間の建設があげられる。

3.4 軌間について

民営鉄道の軌間は現在地方鉄道軌道では 0.762 m, 1.067 m, 1.372 m, 1.435 m がそのおもなものである。1872 年（明治 5 年）の新橋～横浜間は 1.067 m の軌間が採用されているが、1887 年（明治 20 年）には鉄道の軌間改正の建議案が政府において検討されている。これは 1.067 m を 1.435 m とすべきであるとするもので、その後あらゆる検討が加えられ 1892 年（明治 25 年）12 月には鉄道会議において再び広軌にすべきである旨の建議が行なわれている。さらに特別委員会を設けて審議を重ねた結果、広軌案が採用され、1896 年（明治 29 年）第 9 帝國議会で東海道線の複線化に際し広軌とすべき旨提案があった。その後、軌制取調委員会が設けられたが、1898 年（明治 31 年）軍部からの意向もあり、広軌案はついに立消えの状態になった。

民営鉄道については、私設鉄道条令では「軌間は特許を受けたもののほかは 1.067m とする」とあり、また、私設鉄道法においても同様に定められている。軽便鉄道法においては軌間は自由となり、地方鉄道法の公布によって再び軌間が定められ、1.067m を原則とするが、0.762 m, 1.435 m についても特に認めることとなった。軌道においては軌道条令では軌間の制限がなく、軌道法においては、0.762 m, 1.067 m, 1.435 m とする旨定められている。

地方鉄道法が公布される前の軌道は種々雑多であって 8 種類あったようである。地方鉄道にない軌間では 1.372 m、軌道においては 1.067 m, 1.435 m について多く採用されていたものである。1.372 m は 1882 年（明治 15 年）6 月に開業した東京市の馬車鉄道に採用されたもので、その後各所に使われるようになった。

3.5 軌道

道路の補助機関としての軌道の存在は比較的早く 1882 年 6 月に東京馬車鉄道が新橋～日本橋間を開業している。1890 年（明治 23 年）8 月、軌道条令が公布され馬車鉄道などこれに準ずべき軌道は特許を受けて道路上に敷設することとした。当時は馬力によるものが主で人力のものもあったが、電気を動力とするものは、1887 年（明治 20 年）当時から出願があったのであるが、電気を使用することは危険であるとしていずれも却下されて

いる。1890 年（明治 23 年）東京において開催された博覧会で東京電灯株式会社設計による上野公園桜岡より両大師前に至る電気軌道を敷設し、一般希望者の利用に供したのがわが国電車のはじまりである。これにより電気を動力として実用に十分供することが実地に証明され、電車が生れたのである。わが国における実用的な電車の最初のもは、1895 年（明治 28 年）1 月 31 日開業した京都電気鉄道の塩小路東洞院通～伏見町下油掛間である。

当時、軌道も漸次独立した交通機関として認められ鉄道に近い状態になったため、1892 年（明治 25 年）9 月、道路上に敷設するものは軌道条令によることとし、軌道敷を有するものは私設鉄道条令によることとした。しかしながら軌道の限界はむずかしく、その後一部の軌道が道路上にあれば、その他の部分が専用敷であっても軌道とみなす旨の解釈がたてられ、1895 年（明治 28 年）7 月、軌道の運転速度は 1 時間に 12.8 km と定められたものが 1911 年（明治 44 年）には専用敷については 1 時間につき 40 km と定められるに至った。かくして、当時の軌道の中には現在大都市内外の主要高速電車の前身をなすものが生れており、とくに関東方面では京浜急行電鉄がもっとも古く、京成電鉄、京王帝都電鉄が開業している。関西では軌道として発足したものが多く、阪神電鉄、京阪電鉄、京阪神急行電鉄、山陽電気鉄道などがあげられる。

4. 索道

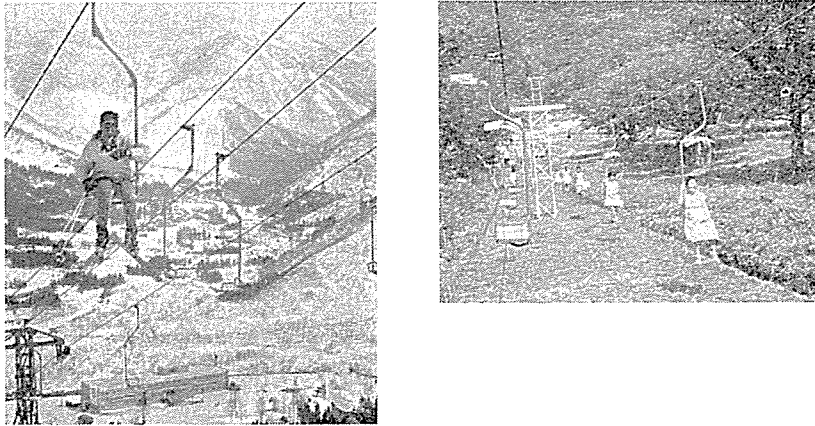
4.1 はじめに

索道は鋼索道と違って空中にロープを架設して、これに搬器をつるし、原動機または自重を利用して旅客や貨物を運送するものである。索道は空中にロープを架設するため地形に制限を受けることが少なく、建設費も鋼索鉄道に比較して低廉である。索道を経営形態から分類すると、旅客を運送する普通索道事業と、同じ旅客輸送を目的としたスキーリフト、夏山リフトなどのいわゆる特殊索道事業、さらに貨物のみを輸送する貨物索道事業にわけられる。このほか専用索道というのは純私的なものである。

索道を構造形態から分類すると、普通索道はロープを空中高く架設するものであり、特

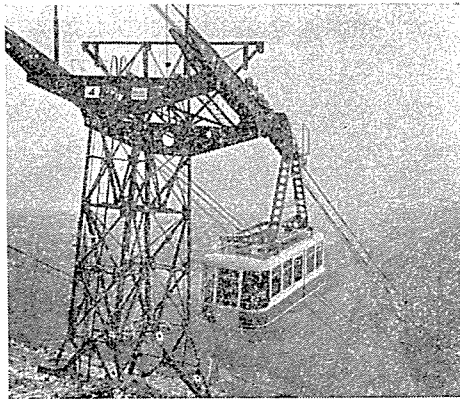
殊索道は反対に地面上低く架設するものである。また索道の運行方式には交走式、循環式があり、交走式は曳索（搬器を曳行するロープ）の両端に各 1 個の搬器をとりつけ両停留

写真-3.4 スキーリフト・夏山リフト



場間を交互に往復する方式であり、循環式は一連の間隔において搬器を連続的に送り出す方式で曳索に一定間隔ごとに固定する場合と、一定の間隔において搬器を動いている曳索に自動的に把握、または放索させる方式である。前者はリフトのような簡易な構造で椅子

写真-3.5 ロープウェイ



式搬器をとりつけるものであり、後者はゴンドラ式搬器が曳索を把握して曳行運転され、到着した場合、自動的に放索して停車する普通索道に利用される。ロープの数として単線式は 1 本の循環するロープに搬器をつるすもので、もっとも簡易な方式である。

複線式は 1 本の固定したロープに搬器を曳行するものである。

これらの方式はリフトに利用され

るほか貨物索道にも多く利用される。3 線式とは 1 本の搬器をつるす支索と 2 本の曳索または補助索を組合せたものであり、4 線式は 2 本の支索と 2 本の曳索を持ったもので普通索道の大型搬器に使用される。

4.2 索道の発展

旅客索道は、鋼索鉄道と同様に、山上の神社仏閣、名勝旧蹟への交通機関または遊園地の遊覧用として発達してきたものであり、わが国で最初に建設されたのは 1928 年(昭和 3 年)京都市西郊の愛宕山である。戦前は 8 カ所が建設されたが 1943 年(昭和 18 年)の企業整備により撤去され、2 カ所のみが残った。しかし、戦後になるや観光ブームのため急速な発達をとげ、表-3.10 に示すように 500 カ所に達しようとしている。これは、従来から索道の一番欠点とされていた輸送能力が小さいという欠点が搬器の大型化、3 線自動循環式の出現、あるいはスピードアップなどによって改善されたためである。このような鋼索鉄道から索道への転換はとくに 1957 年(昭和 32 年)以降に目ざましい。

表-3.10 索道の現況 (1964.3.31. 現在)

索道の種類	箇所数	延長 (km)
普通索道 (交走式)	67	47.2
普通索道 (3 線自動循環式)	13	21.8
甲種特殊索道 (夏山リフト)	50	20.8
乙種 " (スキーリフト)	344	152.6
丙種 " (スキー・トロー)	19	5.2

これを機会に、運輸省では、従来不完全であった規則を全面的に改正し、索道の種類をあらたに分類しなおして普通索道と特殊索道(リフト)に分けて規定し、建設に関する詳細な規制を設けた。

なお、搬器については、従来は 31 人乗り程度が最高であったが、1958 年(昭和 33 年)阿蘇山では 61 人乗りの大型搬器による索道を建設した。この索道は支索も 1 本増加した 2 支索とし、急停止した場合の搬器の動揺を小さくするための減衰装置を設けたが、たまたま阿蘇山の大噴火により破壊され、その後 81 人乗り搬器に改造が行われた。その後 1962 年

(昭和37年)に別府鶴見岳, 1963年(昭和38年)に箱根駒ヶ岳にそれぞれ101人乗りの大型のものが建設されたが, これは名実ともに世界第一を誇るもので, 前者は5線交走式, 後者は4線交走式であって, 両者とも速度は5.0 m/sec にスピードアップされている。

なお, 索道の速度は, 規則では3.6 m/sec と規定されていたが, 1960年(昭和35年)長崎の稲佐山の索道で輸送力増強のため速度制御装置の改良, その他設備の増強により5.0 m/sec にスピードアップしたのが高速化のはしりである。

3線自動循環式索道は, 交走式索道が線路延長の増大に比例して輸送力の低下するのを解決するため考案されたものであって, 1956年(昭和31年)に蔵王に初めて建設された。構造は, 運転中のえい索に搬器が一定間隔をおいて自動的に握索, 放棄する方法であって, 輸送力は線路延長には関係がない。

夏山リフトは, 1957年(昭和32年)の規則改正により新たに索道の一種に加えられた索道であって, その構造はだいたいのスキーリフトと同程度のものであるが, スキーリフトと異なり四季を通じて運転されるものであるため搬器は地表面よりの高さを2m以下に制限して安全性を保っている。これは1958年(昭和33年)伊吹山に初めて建設された。

5. 鋼索鉄道

5.1 はじめに

鉄道線路がある限度以上の急こう配となると, 粘着式による普通鉄道では運行不可能となってくる。このような場合, 車両にロープを緊結して山上の巻上機で巻き上げて車両を運転する方式が考えられる。これが鋼索鉄道である。

この種のもはスイスの山岳地方に発達したものであって, 1本のロープの両端に車両を連結してつるべ式に車両を上下に運行させるものと, 一端に車両, 一端に重錘を連結して行なう方式のものがある。

線路は中央に行違いができる複線を設け, その前後は単線となっている。鋼索鉄道は旅客を運送するため, ロープが切断した場合, 車両が転落しないよう手動はもちろん, 自動

的にレールを完全に把握して車両を停止させる制動装置が車両に設けられている。また曳引用ロープのほか保安用のロープを1本設けて曳引用ロープが切断した場合, この保安用ロープを2個のくさびで強力に把握して車両を安全に停止する方式のものもある。

5.2 鋼索鉄道の発展

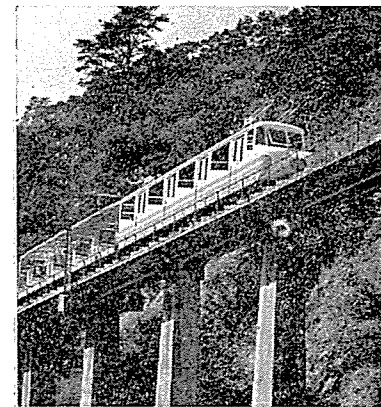
わが国では有名な神社仏閣や名勝旧蹟は多く山上にあり, これらへの観光用交通機関として鋼索鉄道が発達した。その箇所数も1918年(大正7年)奈良生駒山に建設されたのを初めとして戦前は25カ所におよんでいたが, 1943年(昭和18年)の企業整備によりほとんどが撤去され, 7カ所が残ったにすぎなかった。しかし, 戦後の観光ブームに刺戟されて漸次復活や新設が行なわれ, 現在では表-3.11に示すように戦前をしのぐようになった。

表-3.11 鋼 索 鉄 道 の 現 況

鋼 索 鉄 道 の 種 別	箇 所 数	延 長 (km)
鋼 索 鉄 道	25	27.9
リ フ ト カ ー	5	0.6

戦後, 観光客の激増により, これらの交通機関にも大量輸送が要求されたが, 鋼索鉄道

写真-3.6 鋼索鉄道



は, ロープによってけん引する構造であるので輸送力は少なく, スピードアップによる増強もロープ切断時の非常制動がレールを把握して停止させる制動機構であるために現在以上に向上することは不可能である。それゆえ, 六甲山の六甲越有馬鉄道では, この問題を解決するため1952年(昭和27年)に2両連結による4車交走式に改良し需要に答えている。連結車両は, 展望車型とし, ロープの切断時や連結分離時に同時に非常制御を動作させねばならないため圧縮空気力による制御機構を採用した。これと同

形式のものは1954年(昭和29年)立山にもできたが、これは山上の自動車専用道路に自動車を輸送する目的で貨車を連結している。

鋼索鉄道の車両用非常制動はわが国では主としてテドルベル型すなわちレールと制動くさびの摩擦力によっているが瞬時に制動しなければならないため、その間隔は微小になっているので制動くさびの摩耗が多く交換を余儀なくされていた。

1957年(昭和32年)に信貴山に復旧した鋼索鉄道では、このために制動くさびの引き出しを大小2段とし、初め引き出し角度を大にしてレールへの接触をすみやかにする構造に改良した結果、常時間隔を大きくすることができ、摩耗防止と保安度の向上に貢献することになった。以来、この形式では2段式くさびが採用されるようになった。

一般の鋼索鉄道は、建設費がかさむために山頂の旅館に客を輸送するのにエレベーターの代用施設として簡易な鋼索鉄道が考えられ、1954年(昭和29年)新宮市に建設されたが、これは通称リフトカーと呼ばれ、構造は1本のえい索と、さらに他の1本の保安索よりなり、万一ロープ切断の場合にはレールを把握するかわりに巻上げ場内の保安装置が作用して保安索を把握して制動する構造であってエレベーターと同様車内運転が可能である。

6. モノレール

6.1 はじめに

大都市およびその周辺地域の交通事情は急激な自動車の増加によりまひ状態に追いこまれ、その解決策として地下鉄の建設がさかんに行なわれているのであるが、さらに建設費の低廉な他の交通機関が要望され、モノレールが出現することになる。当初モノレールは観光地、遊園地において試みに建設されはじめたのであったが、在来の高速鉄道に比して一般に工事費が低廉であること、構造の簡素化によって都市空間の立体的、美的活用が可能なこと、ゴムタイヤなどの使用により、騒音防止が可能であること、比較的輸送能力のあることなどから、とくに路面電車にかわる都市交通機関として、また都市相互間の交通機関として着目されるようになった。

モノレールは、構造的には懸垂式と跨座式に大別され、その機構も各種各様の考案があ

って、さらに新しい方式の研究が進められている。現在、わが国では、ドイツのアルベーク式、東芝およびアメリカのロッキード式の跨座式のもの、フランスのサフェージュ式の懸垂式のものがある。

運輸省ではモノレールの新交通機関としての重要性を考慮して特殊地方鉄道における従来の懸垂式鉄道に跨座式鉄道の規制を新たに追加している。

6.2 モノレールの建設

モノレールのアイデアは相当古くからあり、研究も行なわれてきた。実用されたもっとも古いものは、ドイツのウッペルタル(Wuppertal)に1901年(明治34年)に敷設された軌道延長13.2kmの懸垂式のものであって今なお健全に運営されている。しかし、その後のモノレールはほとんど発展することなく第2次大戦までは小規模な研究がつつげられてきたにすぎなかった。

ところが、最近、各国で急激にモノレールの研究がさかんになり、また実用線路として敷設されるものも多くなった。

これは、第一に科学技術の著しい進歩によって従来問題点となっていたことを容易に解決できるようになったこと、第二に都市再開発において公共用地の取得難が著しくなったこと、第三に他の交通機関と切りはなして地表面から隔絶したものが要求されていること、などが理由となっているものと思われる。

6.3 モノレールの現状

わが国で現在敷設されているモノレールの種類は図-3.20のとおりである。

また、敷設概要は表-3.12のとおりである。

写真-3.7 跨座式モノレール

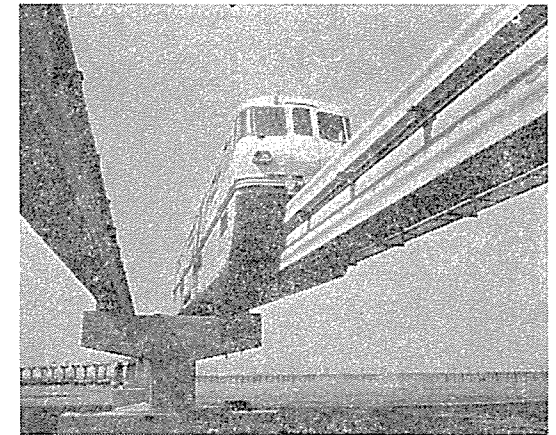
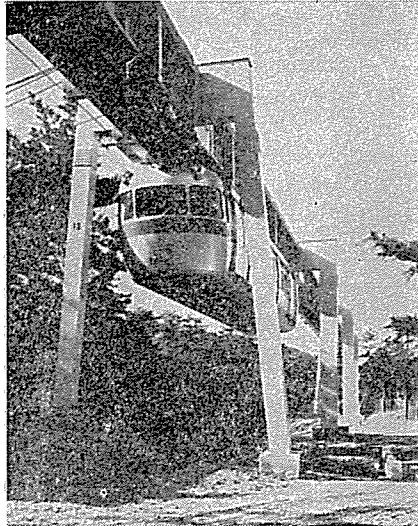


写真-3.8 懸垂式モノレール

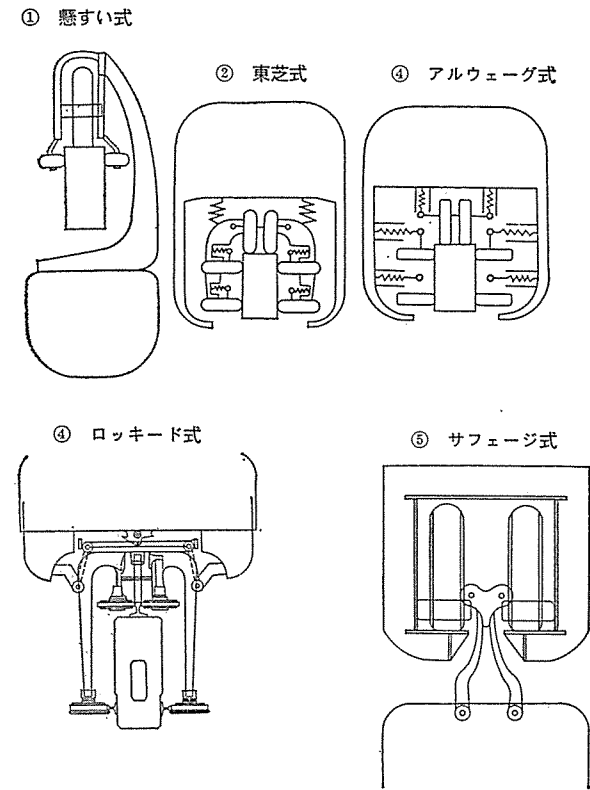


なお本格的都市交通機関として、東京モノレール株式会社では、羽田空港一浜松町（山手線国電浜松町駅付近）を結ぶ13.5 km のアルウェーグ式モノレールを建設し、1964 年（昭和 39 年）9 月に開業した。このモノレールの運営成果は今後のモノレール鉄道の発展を左右するものとして、大いに注目をあびている。

表-3.12 モノレール構造概要一覧表

モノレール形式	懸垂式	跨座式東芝式	跨座式アルウェーグ式	跨座式アルウェーグ式	跨座式ロッキード式	懸垂式サフェージ式
敷設地	上野動物園	奈良ドリームランド	大山遊園	関東レース	各務原試験線	東山動物園
敷設年月日	1957	1961	1962	1963	1962	1964
延長 (km)	0.331	0.843	1.399	1.972	0.792	0.450
最急勾配 (%)	40	50	97	65	60	0
最小曲線半径 (m)	40	50	150	100	34	350
レール桁材質	鋼	PC	RC PC	RC PC	RC PC	鋼
断面幅×高 (m)	0.6×0.959	0.6×1.0	0.8×1.4	0.6×1.05	0.6×1.4	2.15×2.07
車両長 (m)	9.283	34.9/3 両	30.8/3 両	26.4/3 両	13.2	17
車両幅 (m)	1.685	2.33	2.952	2.450 2.493	3.050	3.145
車両自重 (t)	6.0	40	39.3	27.9	15.3	23.0
固定軸距 (m)	1.4	1.5	1.34	1.1 1.25 7.40 6.25	2.03	1.54
ボギー中心間隔 (m)		10.0				10.7
乗客定員 (人)	31	360/3 両	300/3 両	140/3 両	160	150
参照図	①	②	③	同左	④	⑤

図-3.20 モノレールの種別



7. 道路

7.1 道路交通の発達と道路行政

道路は交通のための施設である。しかしながら、道路が鉄道とまったく同様なものだとも思えない。それは、道路がただ単なる交通施設としての機能を越えて、日常の人間生活

の場に入り込んでいるからである。治安、郵便、消防、医療など、さまざまな公共サービスの施設としての役割が道路には課せられており、道路のない社会生活はほとんど考えられない。この公共施設としての使命を果たすため、道路は公物として政府や公共機関により建設され管理されてきており、その技術的発展も行政面の変せんを見ずしてはたどり得ない。

道路の歴史は非常に古い。ローマンロードは道路技術史上もっとも光彩をはなつものであるが、ローマでは当時すでに牛馬車交通が行なわれており、政府経営の輸送サービスも行なわれていた。このように欧米では車輪交通の長い経験を経て、道路の技術も非常に進歩した。これに反し、わが国では、徳川時代になっても、幕府の政策や日本の地勢その他の原因から、人や牛馬の通行が大部分であって車輪交通の発達が見られず、道路は欧米にくらべて著しく遅れていた。

明治政府は、成立後ただちに徳川幕府時代における諸制度を廃止するとともに、新しい制度によって土木行政の掌握に努めたが、1869年（明治2年）民部省が設置され土木司が設けられた。1873年（明治6年）には内務省が設置され、1877年（明治10年）にはその中に土木局が設けられて、終戦後内務省が解体されるまで、土木行政を主管することとなるのである。

外国文化が入ってくるとともに、馬車その他の車の利用が多くなってきたので1871年（明治4年）には賃取道路や賃取橋を奨励する太政官布告が出され、また1876年（明治9年）6月には太政官達によって国道、県道、里道の制を立て、等級や標準幅員を定めるなど、道路改良の努力がなされた。しかし1872年（明治5年）東京一横浜間に鉄道が開通してからは鉄道熱が全国に広がり、道路改良はしだいに下火となって行った。このような空気の中で三島通庸が1874～1884年（明治7～17年）の約10年間に山形、福島、栃木の県令として建設したいわゆる「三県新道」は大規模な道路工事として光っている。

1885年（明治18年）1月の太政官布達は、国道の等級を廃止し、幅員を並木敷などとともに7間に一定し、翌年2月には内務省告示の国道表によって国道の路線を定めて、国道の制度が確立された。このころテルフォード式の碎石道路が試験的に造られ、またマカダム式道路が1886年（明治19年）制定の道路築造標準に採用され、馬車交通に対する技術的な備えもほぼできたのであった。

このころから発達した自動車はまさに交通革命であり、各国をして道路改良を余儀なくさせたが、1901年（明治34年）にわが国にも自動車が輸入され、その実用化が進むにしたがって、わが国もまた道路改良の必要にせまられることとなった。

道路行政の基本法である道路法が制定されたのは、1918年（大正7年）で、翌年4月から施行された。法案が起草されたのは1890年（明治23年）で、その後幾多の修正を経て、議会で幾度も握りつぶしの運命にあい、実に28年を要して誕生したものであるが、つづいて道路会議の設置、道路構造令、街路構造令、土木試験所の設置など、道路行政に関する法令や組織がつつぎと整えられた。1921年（大正10年）には、道路国庫補助規程が省令で定められ国庫補助の制度が始まった。

写真-2.9 大正初期の日本橋付近
（室町方向を望む、建設中のビルは三越呉服店）



災害は、わが国の道路技術の進歩に大きな役割を果たしている。1872年（明治5年）の銀座の大火の復興では、車道には砂利を入れ、歩道にはレンガおよび石を敷くという洋式の道路築造法が初めて用いられたが、1923年（大正12年）の関東大震災に引き続く帝都復興事業は、当時の道路技術の粋を集めて実施され、日本の道路事業は

震災復興に始まる時さえいわれるほどであった。今も隅田川を飾る清洲、永代、駒形などの名橋や九段坂に残る共同溝など数多くの遺業がこれを物語っている。道路舗装技術もまた著しい進歩を示した。しかし、この事業の最大の意義は、一つの地域を総合的に考える計画の具体例を示した点であろう。

いわゆる1930年代の世界的な経済不況は、わが国にもおよび1931年（昭和6年）にはその頂点に達した。失業者続出の状況に対処するため、道路事業は失業救済の一環として行なわれることとなった。このため、内務省土木局に国道改良係が設けられ、翌年には国道直轄工事の制度が確立された。この時代は、道路事業の面からいえば、事業量が多

表-3.13 自動車保有台数の推移

年 度 西 歴	年 号	ト ラ ッ ク	バ ス	乗 用	計 (台)	年 度		ト ラ ッ ク	バ ス	乗 用	軽自動車	計 (千台)
						西 歴	年 号					
1911	明治 44				235	35	10	87	29	51		167
12	45				512	36	11	102	27	56		185
13	大正 2				892	37	12	114	24	60		197
14	3				1 066	38	13	120	24	57		201
15	4				1 244	39	14	125	23	54		201
16	5		24	1 624	1 648	40	15	124	22	50		196
17	6		25	2 647	2 672	41	16	121	22	43		185
18	7		42	4 481	4 523	42	17	120	21	36		177
19	8		204	6 847	7 051	43	18	116	19	33		167
20	9		644	9 355	9 999	44	19	107	15	29		150
21	10		888	11 228	12 116	45	20	105	13	25		143
22	11	1 383		13 483	14 866	46	21	121	12	26		160
23	12	2 099		10 666	12 765	47	22	141	12	28		182
24	13	6 394		17 939	24 333	48	23	168	14	30		212
25	14	8 162		21 002	29 164	49	24	204	16	34		254
					(40 874)	50	25	248	18	41		307
26	15	11 354		28 716	40 070	51	26	304	21	52		377
					(52 663)	52	27	375	23	68		466
27	昭和 2	15 987	7 414	28 361	51 762	53	28	471	27	91		589
					(67 596)	54	29	567	30	113		710
28	3	21 719	11 700	32 960	66 379	55	30	650	34	127		810
					(81 961)	56	31	747	37	149		933
29	4	27 541	15 985	36 844	80 370	57	32	862	42	182		1 086
					(91 735)	58	33	973	46	224		1 243
30	5	30 881	17 522	40 305	88 708	59	34	1 096	50	276		1 422
					(103 088)	60	35	1 241	55	361	158	1 914
31	6	34 837	21 226	41 193	97 256	61	36	1 426	62	496	570	2 554
					(109 925)	62	37	1 656	70	670	914	3 310
32	7	35 939	22 825	41 457	100 221	63	38.9	1 933	79	915	1 293	4 220
					(117 577)	64	39	2 166	87	1 015	1 587	4 767
33	8	38 199	24 822	41 911	104 932	65	40	2 399	95	1 115	1 781	5 305
					(138 758)	66	41	2 642	103	1 215	1 975	5 830
34	9	42 060	26 328	44 153	112 540	67	42	2 895	111	1 315	2 169	6 379
						68	43	3 148	119	1 415	2 363	6 930
						69	44	3 401	127	1 515	2 557	7 483
						70	45	3 654	135	1 615	2 751	8 037
						71	46	3 907	143	1 715	2 945	8 591
						72	47	4 160	151	1 815	3 139	9 145
						73	48	4 413	159	1 915	3 333	9 699
						74	49	4 666	167	2 015	3 527	10 253
						75	50	4 919	175	2 115	3 721	10 807
						76	51	5 172	183	2 215	3 915	11 361
						77	52	5 425	191	2 315	4 109	11 915
						78	53	5 678	199	2 415	4 303	12 469
						79	54	5 931	207	2 515	4 497	13 023
						80	55	6 184	215	2 615	4 691	13 577

- (注) 1. 1911～1934年(明治44年～昭和9年)までの保有数は日本自動車会議所編の「自動車年鑑」昭和25年度版による。
- 2. 1935～1957年(昭和10年～32年)までの保有台数は経済企画庁総合計画局編の「総合的交通体系」による。
- 3. 1958～1963年(昭和33～38年)の保有台数は道路局企画課の資料による。

- 4. 1911～1934年(明治44年～昭和9年)は年度末台数 1935～1964年(昭和10～38年)は年中央台数である。
- 5. 1934年(昭和9年)以前の台数は小型自動車四輪、三輪を除外したものである。また()は小型四輪、三輪を含めた台数である。
- 6. 1916～1926年(大正5年～15年)の乗用車の保有台数の中にはバスを含む。
- 7. 上表の保有台数には特種用途車, 特殊自動車, 被けん引車, 自動二輪車を除く。

く、その意味で黄金時代ともいえるのは誠に皮肉である。

1932年(昭和7年)満州事変を契機に経済界も立ちなおり、これにともなって自動車数は増加し1938年(昭和13年)には戦前最高の20万台に達した。このころドイツの自動車国道に影響されて、産業と軍事とを双翼として自動車道路計画がはなばなしく論じられ、調査も行なわれたが、これは今日の名神および東名高速道路として誕生することとなる。やがて、第二次大戦に突入し、あらゆるものが戦争目的に動員され、終戦を迎えるまで道路はまったく荒廃したままに放置された。

荒廃した道路は連合国軍の占領政策遂行上支障を来たしたので、道路補修が道路事業の中心となったが、この間において、1947年(昭和22年)12月内務省は解体され、道路行政の主管は建設院を経て翌年には建設省道路局に移った。戦災の復興が進むにつれて自動車数もしだいに増し、1948年には戦前最高の20万台を越した。かくて、在来の道路を近代的自動車交通に適するよう根本的に改良することが必要となり1952年(昭和27年)には道路法が改正され、旧法にあった軍事的色彩は払拭され、つづいて1, 2級国道の道路網も定められた。

道路整備促進についての最大のあい路は、財源が不安定なことであった。そこで1953年(昭和28年)には、道路整備費の財源などに関する臨時措置法が、ついでこれに代わって、1958年(昭和33年)には道路整備緊急措置法が施行され、揮発油税収入の実質的な目的税化が実現するとともに、道路整備5カ年計画が法制化され、道路整備事業は安定した財源を確保することに成功した。

道路事業の発展をもたらしたもう一つの政策は、有料道路制度である。これは1956年(昭和31年)道路整備特別措置法の制定により本格化したもので、このとき日本道路公団が誕生した。日本の有料制度は、道路整備の財源調達のための手段として生まれたもので、料金収入によって事業費を償還したのちは無料公開することになっている。1959年

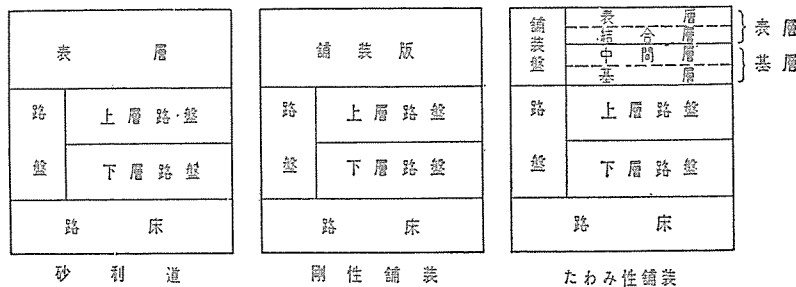
(昭和 34 年)に首都高速道路公団, また 1962 年(昭和 37 年)には阪神高速道路公団の誕生をみたが, この二公団はそれぞれ東京・阪神などの大都市における交通混雑を緩和する目的で, 都市内高速道路を有料道路として建設し, 経営することになっている。

1957 年(昭和 32 年)には, 高速自動車国道法が制定され, 同年建設大臣より日本道路公団に対し名神高速道路の施行命令が与えられた。かくて, 1939 年(昭和 14 年)以来待ち続けた高速道路の夢がいよいよ実現の緒についたのである。この間に, 経済の活況を反映して自動車数は非常な増加を記録した。特に, 1959 年(昭和 34 年)以降は毎年約 30% 以上の増加を示し, 1964 年 9 月には, 422 万台に達したが, 特に軽自動車の普及がこの爆発的な増加傾向の大きな原因となっている。

7.2 舗装および土工技術の発展

路面は 1 年を通じて, 自動車が快適に, 安全に, しかも速く走れるものでなければならない。そのためには路面状態, 交通の質と量, 土質, 地形, 地下水, 気象状態などの条件に応じてもっとも経済的な工法を選ぶ必要がある。よい路面を造るためには, (1) 交通荷重を支持すること, (2) 路床や路盤を水からまもること, (3) 路面が密で平らなこと, (4) 気象作用に強いこと, (5) 表層の散逸を最小にすること, の 5 項目があげられる。

図-3.21 路面の基本的構造



路面の構造は, 図-3.21 のように, 一般に表層あるいは舗装版と路盤とからなる。路盤は交通荷重を広く分布させて路床に伝える。路床が弱いと, 大きな路盤厚が必要なので

選択材料を用いた上層路盤と現地材料を有効に利用した下層路盤とに分けて, 経済的に仕上げる。舗装はセメント コンクリート舗装のような剛性舗装とアスファルト コンクリート舗装のような, たわみ性舗装とに分類される。セメント安定処理道などはその中間のものと考えられる。

交通車両の速度が遅かった時代には, 道路の線形については, それほど問題がなかったので, 道路技術はまず路面構造に関するものが発展して行った。そして, その舗装は街路を中心に発達している。街路を意味する英語の Street は, ラテン語の Via (道), Strata (石で舗装した) の後半が転化したものといわれている。つまり, 街路は舗装すべきものなのであろう。ドイツ語の Strasse, オランダ語の Straat も同じ語源である。

わが国の舗装技術もまた街路を中心として成長した。1874 年(明治 7 年) 1 月に完成した銀座通りは, 初めて歩車道の区別を設け, 桜並木を植え車道には砂利を入れ, 歩道にはレンガおよび石を敷いた。この工事では, 石のローラーが用いられた。1878 年(明治 11 年) 京都府下の京津国道日之岡村, 御陵村地に, わが国で初めてのマカダム式の道路構造が採用されたといわれている。ついで, 翌年には横浜市内日本大通りにも採用された。1885 年(明治 18 年)には, 東京市が浅草通蔵前片町より同通八幡町間の車道で, こぶし大の碎石と目つぶし材で路面を造るテルフォード式の碎石道路を試験的に造ったが, その施工には鉄製のローラーが用いられた。これらが, わが国の近代的な路面構造のはしりといえよう。碎石道路は, 18 世紀末から 19 世紀初めにかけて, フランスではトレスアグ(P. M. J. Tresaguet) (1775), イギリスではテルフォード(T. Telford) (1805) やマカダム(J. L. Macadam) (1815) が, それぞれ彼らの名をとった各種工法を考察して, 近代的道路構築の基礎をつくったが, クラッシャー(1856) とスチームローラー(1859)などの施工機械が発明されて, 安価に施工できるようになってから広く普及した。日清戦役(1894~1895)における征台軍の分捕品に一台のスチームローラーがあり, それを台北城内の道路改良に使用してマカダム道を構築したことが当時台湾総督府の自慢であったというから, まだ内地にはなかったと思われる。その後, 横浜税関波止場の埋築や構内道路の築造にスチームローラーが使用されている。また東京市のスチームローラー購入は尾崎學堂(当時の東京市長)が技師達の反対を押し切って行なったものといわれており, 彼の卓見を物語っている。碎石道路は, 馬車に好適で, それまでのものにくらべ馬の足掛りがよ

く、鉄輪によるじんあいも割合少なく、雨が降るとそのじんあいが石のすき間を満たし結合に役立つので、わが国でもしだいに普及して行った。かくて、自動車が出現するまでは、マカダム道の発明によって、多年の道路問題は解決しつくされたと思われていたのである。

1892年（明治25年）にガソリン自動車が発明され、しだいに普及するにつれて、この安心感はふきとばされてしまった。車両が重く、スピードがあるため馬車交通用の碎石道路はつぎつぎと破壊され、またじんあい問題がやかましくなった。そこでじんあいを防ぐと同時に耐久性のある路面を得るため、碎石の上にアスファルトのような歴青材料を用いる、つまり歴青舗装が行なわれるようになった。1903年（明治36年）4月、自動車は初めて東京市にその姿を現わした。

欧米諸國に急速な発展をみせてきた自動車交通とそれによる道路改良問題にいち早く目をつけた政府当局は、国庫より7万円を補助し東京市において同額以上の費用を負担させて、道路改良試験工事を施工することとした。1911年（明治44年）に起工したこの試験舗装工事は1914年（大正3年）10月までの間に、京橋・日本橋間、本郷6丁目・森川町間および神田佐柄木町・錦町1丁目間の3カ所において、木塊舗装、シートアスファルト舗装および歴青コンクリート舗装の3種について行なわれた。

1919年（大正8年）には道路法案が国会を通過したが、その前年に来朝した一米人が東京の道路を評して「稲を植えたらよかろう」と皮肉をいったという話があるが、当時の道路状況はよほどひどかったのであろう。それが動機となって渋沢子爵首唱のもとに1919年道路改良会が起こされた。かくて、路面改良がしだいに大きな問題となった1920年（大正9年）5月に、皇室より御内幣金100万円が路面改良のために御下賜された。東京市では、これに応えてただちに予算を追加し、翌年には6カ年（後1カ年延長）継続事業として道路舗装を行なうこととした。しかるに1923年（大正12年）9月1日の大震災によって、復興地域に属する分は除外されることとなり、その後、数次の改正を経て1929年（昭和4年）度をもってひとまず終了を告げた。これを舗装種別でみると歴青コンクリート（シートアスファルト、トベカを含む）66.4%、木塊舗装14.6%、石塊舗装（小舗石を含む）5.0%、歴青マカダム3.8%、鉄筋コンクリート3.7%、簡易舗装0.4%、その他6.1%となっているが、一方、復興局では震災復興事業として同様に歴青（シートアス

ファルト、アスファルトコンクリート、ワレナイトビチュリシックなど）51.7%、膠石（セメントコンクリートおよびソリジチックコンクリート）20%、小舗石13.8%、木塊9.5%、レンガ3.4%、アスファルトブロック1.4%となっており、当時の技術者がより良い舗装を求めて苦闘した模様がうかがわれる。

このように東京市では、舗装普及に全力をあげたが、工費が高く財政上思うに任せなかったため、安価な舗装工法の開発が望まれた。1925年（大正14年）青山墓地通りを初めとして、マカダム道に道路油による路面処理をすることから始まり、国産アスファルト乳剤の開発に至るまでの簡易舗装の研究が行なわれた。東京市におけるこのような試験工事は、非常に注目されたが、1925年（大正14年）以来道路改良会でも地方道路向けの「軽易な路面舗装」の調査を始め、牧彦七を主任、菊池明を主査として簡易舗装に関する調査を進め、1928年（昭和3年）道路構造書第1編「簡易舗装道」を発行し、その他宣伝に努めたので、わが国の道路改良の機運はあげて簡易舗装に向かうに至った。

舗装は、かくして都市から発達したが、大阪市では1921年（大正10年）第一次都市計画において、組織的に近代的舗装事業に着手した。京都では1923年（大正12年）に新京極通りのロックアスファルト舗装を施工したのが近代的舗装の始まりとしている。そのほかの都市でも、おおむね1921年（大正10年）前後から本格的となり、主として大都市中心に普及し始めた。

これより先1910年ころより、八幡製鉄所にあつては、副産物の鉍滓とコークス炉タールとを用いて、中級舗装に属する鉍滓タールバラス舗装の研究を進め、1924年（大正13年）頃試験舗装を行ない、その後、西は朝鮮、東は東京におよぶ広範囲にわたって、試験舗装を行ない宣伝に努めたが、時運至らず1932年（昭和7年）ころを限りとして中止された。

ポルトランドセメントの発明は1824年であるが1856年にスコットランドで最初のコンクリート道路が試験的に舗装されたのが、近代的なコンクリート舗装の始まりであるとされている。アメリカが第1次世界大戦の末期からコンクリート舗装を始めたことに刺激され、セメントで道路舗装ができるかどうかを調べるため、1936年（昭和11年）頃、丸ビルと中央郵便局の横にコンクリート舗装が試みられた。これは鉄筋コンクリートの建物に使うような1:2:4のコンクリートで舗装したといわれている。しかし、6カ月く

写真—3.10 4号国道（現1級国道4号線）
足立区付近竣工当時（昭和8年）



その後、コンクリート舗装は失業救済の道路工事において非常に発達することとなる。

かくのごとくして開花した舗装技術は、1931年（昭和6年）以降施行された失業救済、産業振興あるいは時局匡救、などと銘うった道路事業によって、さらにその進歩に拍車を

写真—3.11 23号国道（現1級国道16号線）
神奈川県田浦付近（1940年）



量的質的低下はようやく表面化し、このため舗装技術の研究も、材料節約工法、代用工法の探究へと進んでいった。

らいで、まるでカワラが割れるように目茶苦茶に壊れたので、そのままかえり見られなかった。欧州でも失敗したが、鉄輪にも耐えるようにということで膠石舗装が考案され、イタリアで最初に行なわれた。そこでわが国でも1930年（昭和5年）ころから鉄輪にも耐えるコンクリート舗装の研究が行なわれた。

かけられ、1939年から1940年（昭和14、15年）にわたる内務省舗装2カ年計画の実施をみるに至って舗装技術の普及は著しいものがあつた。しかしながら、この間において戦時色はしだいに濃厚となって行つた。戦時交通量の激増に対応して、ガソリン、自動車などの資材の節減をはかるため、舗装の必要性は切実に認識されてはいたが、その反面において舗装用資材の

コンクリート舗装のセメント節約工法としては、二層式として下層に貧配合のものを用いる研究が行なわれ、たとえば東京府が指定府県道第2号杉並区高円寺地内で施工したもので、下層に1：2：10、表面仕上げ1：2：4、全厚15cmの碎石コンクリートとなっており、好成績を収めたことが報告されている。また、砂、砂利を適度に含有する土砂道にセメント水を加え混合した当時ソイルコンクリートと称された舗装工法があるが、これは今のソイルセメントの一種といえよう。しかしながらこの工法も混合作業に難点があり、必ずしも成功ではなかつたようである。また代用工法として、石灰、その他の天然セメントの使用あるいは三和土道も試みられた。歴青系においても、同様の趣旨の研究が行なわれたが、代用資材として、松根油タール、亜硫酸バルブ廃液、人工アスファルト、国産ロックアスファルトなどが試みられている。

1943年～44年（昭和18、19年）以後は、戦争の様相が悪化して、既存舗装の維持すらもきわめて困難となり、砂利道の維持も放棄するという道路荒廃の時代となってしまった。

戦後になって、進駐軍の要求ならびに指導によって、まず道路の修繕に精力が集中された。すなわち、1948年（昭和23年）11月27日連合国軍総司令部から日本政府に対して発せられた覚書（マ覚書と呼んでいる）によって、新設、改良の事業を圧縮して、維持および修繕に重点をおいた道路整備5カ年計画を実施することとなり、これに対し、連合軍は建設機械および資材について援助をすることとなった。資材は、主として舗装修理用のカットバックアスファルトMC-3であつたが、その使用経験が乏しいため、最初は失敗も多かつた。しかしこれを機会に、建設機械に対する眼を開くことができたのは日本の道路界にとって大きな収穫であつた。

ブルドーザー、グレーダー、スクレーパーなどの土工機械は、戦争中にも試作されていたが、一般の道路技術者が知り、そしてなじんだのは実にこの維持、修繕時代のことであつた。施工速度の増大、施工の質の向上、工事単価の低減、これらの特長はまた難工事、大規模工事の施工を可能にし、施工計画さらにさかのぼって道路の設計にまで革命をもたらすこととなった。

1950年（昭和25年）度に至って、アメリカの対日援助見返資金が道路にも放出され、東海道整備を中心として改良事業が行なわれることとなった。

舗装や砂利道の維持、修繕は、路面構造に対する研究を必要としたのは当然であり、自

動車荷重の増大と交通量の増大は、路床、路盤の重要性を決定的にクローズアップすることとなり、図—3.21 に示した路面構造や各層の役割、要件などが明確となった。また路床、路盤に対する関心は、土質工学の道路への応用についての研究を刺戟した。これらの研究はアメリカでは、第二次大戦中に戦時研究として長足の進歩をしたが、その知識が日本の道路技術者の間に非常な熱意で吸収され始めた。

建設機械の利用と土質工学の導入とは、戦後における日本の道路施工技術の進歩を特長づける2本の柱といえることができよう。たとえば、ソイルセメントのような安定処理は、路上混合によって安価にかつ均質な混合物をつくる混合機械を必要とし、またその機械の存在が各種の安定処理工法の提案を可能にした。こうして、両者は相互に刺戟しあい、バックアップしあって発展した。

1952年（昭和27年）度に、行政協定道路事業として施工された札幌—千歳間の国道36号線の改良工事は、大規模土工をと



もなった大工事であったが、凍上対策として路盤を80~100cmとした点、およびソイルセメントの基層を設けた点で、画期的な工事であった。

かくして1954年（昭和29年）からの、第1次道路整備5カ年計画、1956年（昭和31年）の有料道路制度の基本法たる道路整備特別措置法の制定、その翌年の日本道路公団の設立など、道路時代への胎動が始まったが、技術的な問題も続出し、これに対応すべき研究あるいは

技術の開発もさかんとなった。わが国の地質は、多くの地盤軟弱地帯を持っているが、これを安定化するための各種の工法が採用されている。道路工事について、初めてサンドパイルが採用されたのは、岡山県金浦での国道2号線の工事であり、その後も数カ所で用いられているが、名神高速道路の京都府乙訓付近および大垣付近では大規模に実施された。

舗装の種類としては、1955年（昭和30年）頃までは、コンクリート舗装が多かった。

特に建設省の行なう国直轄の舗装工事では、ほとんどコンクリート舗装であった。その明確な理由は明らかでないが、恐らく材料が国産であるので、国産奨励の趣旨を第一とし、コンクリート舗装のほうが耐久性があり修繕費も少ないことを第二としたものではないかと思われる。しかしながら、コンクリート舗装は破壊した場合の修繕が容易でないし、またコンクリートを打込んだのち、長い養生期間を必要とするため二車線幅員しかない道路では工事期間中の交通処理がむずかしいという欠点がある。アスファルト舗装は、逆にこの二点について有利であるし、また建設費が安い点でも有利であり、特に年ごとに舗装の層を重ねて強化して行くという、いわゆる stage construction（段階的建設）が可能な点は、まったくコンクリート舗装のおよばない利点である。このような考察から、舗装種類の再検討が1955年ころより行なわれて、しだいにアスファルト舗装の比重が増して行った。今日では、舗装工事の約85~90%がアスファルト舗装となっている。名神高速道路についても、特殊な箇所、たとえば自動車がブレーキをかける料金所の付近などを除き、全面的にアスファルト舗装が採用されている。

1957年（昭和32年）京都バイパスとして着工された名神高速道路の工事は、わが国にとって幾多の技術的進歩のモニュメントとなっている。最初の施工区間となった山科工区は、土工から舗装に至る全工程にわたって試験工事として実施されたが、その目的のために山科試験所が設けられ、その監督のもとに入念な施工管理が行なわれた。名神の工事のためには、一般標準示方書が作成されたが、これはアメリカ諸州の Standard specification をならって作成されたもので、わが国では最初のものである。山科工区の施工管理はかなり厳格なもので、そのため批判も多かったが、その経験は広く名神高速道路の工事に活用されることになった。

街路を除いた道路については、従来舗装は本質的に必要なものとは見られていなかった。つまり道路の幾何構造（幅員や線形など）を改善することが、道路改良の第一義的な内容とされてきた。しかし、自動車交通の非常な発達、国民の間への普及とともに舗装は道路にとって不可欠の要件であることが認識されてきた。そして、政府は1964年度から、おおむね10年ぐらいの間に都道府県道および国道を全部舗装してしまうという計画を樹立しつつある。このため、軽交通の道路や、未改良の道路については簡易な舗装を行なうことが必要とされている。たとえば、欧米諸国でよく研究され、軽交通用としてかな

り広く用いられているアスファルト マカダムなどは、わが国でももっと研究されるべきであろう。土質条件の悪いわが国では、たとえ軽交通下といっても簡易舗装がうまく行くかどうかについて、多大の疑問を持つ人もあるようであるが、舗装の大幅な普及をはかるにはどうしても簡易舗装の技術的向上をはかることが必要である。かつて、1925年頃（大正末期から昭和の初期にかけて）には、先輩技術者達は簡易舗装の研究によってわが国舗装技術の基礎を築いたのであるが、約40年を経た今日、日本の道路技術界はよりきびしい交通条件下において簡易舗装の再研究の必要にせまられているのである。

7.3 幾何構造の進歩

道路の構造は一般に幅員、曲線、勾配などの道路の線的構造を表わすものと、路体、舗装などの構造物そのものを表わすものとに分類することができる。前者は道路の路線選定をする場合あるいは線形設計をする場合における前提条件をなすものであって、これに基づいて定規やコンパスなどを用いて幾何学的に設計することから一般に道路の幾何構造とよばれている。

道路の幾何構造は交通車両の大きさ、能力（速度、登坂性能、加減速性能など）および交通量に応じて定められるものである。交通車両の大きさと量は一般に道路が必要とする幅員を定め、また車両の能力は一般に道路の平面的線形と縦断的線形を定めるもととなる。したがって交通車両の変遷はそのまま幾何構造の変化となって現われるべき関係にある。

わが国の道路交通は、古くは、人は徒歩・乗馬・かごなど、また車両は牛車・大八車などによるものであり、これが明治維新ころまで続いていた。これらは乗馬を除きわめて速度が遅くまた車両も小さなものであったため、道路の構造もきわめて幼稚なものであった。この時代に西欧諸国で普及していた速度の早い乗用馬車（駅馬車）用の道路と比較すれば、わが国において必要とされた道路の構造は当時からすでに格段の差があったといえよう。これに加えて徳川幕府および諸大名の道路政策は防衛という軍事上の理由から、街道の整備もあまり行なわず、また城下町の道路はあたかも迷路のような形に造り、道路を利用する者の利便などはまったく無視されていた。そのため、当時の大幹線道路であった五街道（東海道・中山道・日光街道・奥州街道・甲州街道）でさえも、その幅員は狭く、貧弱なものであった。

明治の初めに乗用馬車が輸入され、乗合馬車や運送馬車が出現し、また人力車なども発明されて、道路交通の改革が始まった。しかし、これらの車両もその数が少なかったこととその速度が低かったため、道路の幾何構造的な概念は重要視されていなかった。かくして幾何構造に関する技術的進歩は、舗装のそれに比して、時期的にかなり遅れたのであった。

幾何構造に関する技術的発展は、自動車とともに始まる。1901年（明治34年）に初めて自動車が輸入されてから大正の初めに至り自動車の輸入が増加すると久しく鉄道の開発に力を注いできた政府も道路交通の重要性を認識して、1919年（大正8年）に道路法を制定し、同時に道路の構造を規定する道路構造令および街路構造令が公布された。

この構造令では国道の幅員は4間以上、府県道は3間以上と定められ、また曲線半径も30間以上、縦断勾配は国道が1/30（3.3%）以下、府県道が1/25（4.0%）以下というように定められている。この当時の自動車台数は1万台弱で自動車そのものがまだ珍しい時代であったが、将来の自動車の増加を考慮して道路が備えねばならない構造の基本的事項を、初めて法令で規定した点に重要な意義がある。しかし、道路の幾何構造に関しては最小半径の規定はあっても、片勾配や緩和区間の規定がないなど道路の構造に車両の速度が十分に考慮されていなかった。

その後、実際に道路を計画し設計する場合の具体的基準として1926年（大正15年）に「道路構造令細則」が定められたが、構造令にない細部の構造規格にふれたものであって、道路の基本的条項には変わりはなかった。

昭和に入ると自動車の国産化が始まり、軍用自動車に対する政府の保護政策などもあって、自動車の台数は着実に増加傾向をとり始めた。一方、道路建設も昭和初期には非常にさかんとなった。

1926年（大正15年）には4万台程度であった保有台数は、1935年（昭和10年）には16万台に達し、さらに自動車の性能もしだいに高まってきた。そのため道路の構造基準も、自動車交通を主体としたものに改める必要が生じ、1935年（昭和10年）「道路構造令細則案」が内務省土木局により制定された。この基準は戦後新しい構造令が定められるまで、構造基準として用いられたものであって、当初の技術的基準としては、まさに画期的なものであった。すなわち、自動車交通が必要とする道路の幾何構造の母体がこの基準

によってつくられたのである。

この基準の特徴を掲げると、車道の幅員は自動車がすれ違いに必要とする最小限度の幅員 5.5 m を定めており、また自動車の安全な交通を確保するために必要な路上空間を表わす建築限界を定めている。また平面線形の規定として、道路の種類と地形に応じて最小曲線半径が定められ、また同時に曲線半径に応じて必要とされる車道の拡幅、片勾配を設けることを規定し、それらをすりつけるために緩和区間が定められた。このような幾何構造の規定の条件となる道路の設計速度については条文では明らかではないが、平地部で 60 km/h の速度を対象としていた。当時の自動車取締令における自動車の最高速度の規定は 50 km/h であったが、道路が良好で障害物がない場合には現実には 50 km/h を越える速度で走る場合が多いので、安全性を考慮して定められたものであった。

1935 年（昭和 10 年）頃はトラック、バスを主体としたわが国の自動車生産も軌道にのり始め、軍事産業を中心とする経済活動も活発であり、道路建設事業も新しい基準に基づいてかなりの発展をみた。

このような時期にドイツで着工されていたライヒスアウトバーンの計画が紹介され、わが国においても軍事輸送の増大に対応するため自動車専用道路に関する調査研究が実施された。当時の自動車国道の規格案によると、自動車の設計速度は平坦部 150 km/h、丘陵部 125 km/h、山岳部 100 km/h を目標とするもので、3.0 m の中央分離帯の両側に 7.5 m の車道を持つ本格的な自動車道であった。この計画はわが国では実施されえなかったが、満州においては実際に建設が行なわれた。

このように、自動車交通の将来を見とおして本格的な道路建設を旨とする反面、時代は第 2 次大戦に入り、戦争により、鉄鋼、セメントなどの重要資材の使用が軍事目的に限定され、道路建設に要する資材が制限されてきた。そのため、1943 年（昭和 18 年）にはいわゆる戦時規格が採られ、道路幅員は乙規格（橋梁・トンネルなど特殊な箇所用いられた縮小規定）、路面も砂利道が原則とされ、また橋梁の安全率の低下など実施された。また戦時重要物資輸送用に建設された道路は府県道であっても道路総幅員 3.5 m 以上という思い切った質の低下が行なわれた。

戦後荒れはた道路の復旧が進み、その後経済が復興するにつれ、自動車台数は再び急増し始めてきた。戦争による重機械の発展はそのまま自動車工業にもおよび、自動車の性

表-3.14 道路構造の移り変わり

	設計速度 (km/h)	車道幅員 (m)	最小曲線半径 (m)	最小視距 (m)	最急勾配 (%)
道路構造令 1919 年（大正 8 年）					
国 道	—	(4 間) 7.2	(20 間) 54	—	3.3
府 県 道	—	(3 間) 5.4	(30 間) 54	—	4.0
道路構造令細則案 1935 年（昭和 10 年）					
国 道	60	7.5	300	100	3
指 定 府 県 道	60	6.0	200	100	3
その他の府県道	60	5.5	150	100	4
道路構造令 1958 年（昭和 33 年）					
第 1 種	80	7.0	300	110	3
第 2 種	70	6.5	200	90	3
第 3 種	50	5.5	100	65	4
高速自動車国道等の 構造基準 1963 年（昭和 38 年）					
1 級	120	7.2×2	550	210	2
2 級	100	7.2×2	400	160	3
3 級	80	7.2×2	250	110	5
4 級	60	6.5×2	100	75	6

注：平地部の特例を除く標準値を示す。

能の向上により、高速度でしかも安全快適な走行が道路に必要とされてきた。

このような傾向から、1950 年（昭和 25 年）頃より、近代的自動車交通にふさわしい道路構造の基準を作るための調査研究が進められたが、一方では道路法が改正され、また道路網が再編成されるなど、自動車時代を迎える用意が着実に行なわれた。道路事業が増大傾向を示し始める 1953 年（昭和 28 年）には、道路構造令第 2 次案が公にされて、1955-

年（昭和10年）に定められた細則案はその効力を失わない、その後数年の検討を経て、1958年（昭和33年）に現在の「道路構造令」の誕生をみた。

新しい構造令では、高速自動車交通の要請に応えるべく道路の幅員、線形などの数値の改正が行なわれたばかりでなく、道路を新設し改築する場合の計画目標の年度を明らかにし、さらにすべての構造規格の基礎となる設計速度を明示して、道路の種類や重要度に応じた適用基準を定めるなど、従来あいまいになされていた点を明確に定めている。

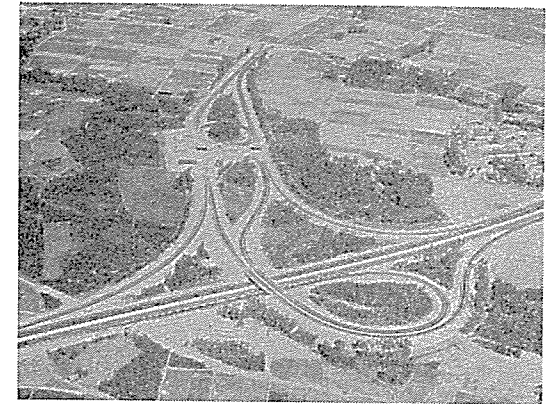
道路の幾何構造に関しては、設計速度の最高が従来の60 km/h から80 km/h に改正され、一級国道の主要路線（第1種の道路）では、山地部でも40 km/h から60 km/h にまで引き上げられた。これらの設計速度の上昇にもなって、道路の平面線形も縦断線形も、より走行しやすく安全なものに改善された。また、道路の幅員に関しては、新しい構造令では、将来の予想交通量の大きさに応じて、車道の幅員を決定できるように道路の交通容量（ある車道幅員に対して単位時間（一時間または一日など）当たり自動車が何台通れるかで表わされる道路の能力）を定めている。

自動車交通の著しい増加にもなって、交通事故や、交通混雑も増大したが、これらの問題は自動車と人間との関係をクローズアップすることとなった。交通改善のための基本的方法の一つは、人間の行動を交通環境に順応するように強制するものであり、交通安全教育や交通取締りがこれに属するが、もう一つは、たまには錯覚や誤解もおこし、あるいは病気になる。そういう精神的にも肉体的にもごく平凡な人間とそれが運転する自動車とを、そのままの姿で受け入れて、これに合わせて交通施設などを改良する方法であり、このような立場に立つ技術の新しい分野を交通工学と呼んでいる。アメリカでは1930年のInstitute of Traffic Engineers（交通工学会）の設立をもって、この分野が確立されたとしているが、わが国で交通工学的角度が認識され始めたのは、1950年頃であった。交通工学的研究は、道路の幅員、線形を初め、交差点の設計などの幾何構造の改善に大きな影響をおよぼしたのみならず、信号機、道路標識、路面標示、道路照明などの道路施設の進歩を促した。1959年（昭和34年）には、警察庁科学警察研究所に交通部が設けられたのを初めとして、大学や研究所などでもこの分野の充実がはかられ、わが国の交通工学の研究も遅ればせながら前進を始めている。

名神高速道路は、幾何構造の面においても、いくつかの大きな進歩を記録した。従来、

道路の線形は直線と円とを緩和曲線で結ぶということによって形成されてきたが、この緩和曲線に用いられていたクロソイド曲線を、円に代わる線形要素として使うことにより、きわめて運転しやすい、なめらかな線形を得ることができるようになった。また平面線形と縦断線形の調和が重視されるようになり、線形を運転者の視覚の立場からチェックするための透視図法が用いられるようになったのも、線形設計面の進歩である。これらの新しい技術は、ドイツを中心として、欧州で開発されたものであるが、わが国では名神高速道路で初めて用いられた。さらに、登坂車線、側帯、インターチェンジの設計などから、バスストップ、サービスエリアの設計に至るまで、名神高速道路が幾何構造の面で残した進歩は非常に多い。

写真—3.13 名神高速道路
八日市インターチェンジ（1963年）



このような状況から高速道路に関する構造基準の検討が行なわれ、1963年（昭和38年）7月に「高速自動車国道等の構造基準」が法制化するまでの暫定的基準として公にされた。これによると道路の設計速度は1級の120 km/h から4級の60 km/h まで20 km/h ごとに4段階に分類され、路線の重要性、地域また

は地形に応じて適用されることとなる。また自動車道としての特徴として、車道は4車線以上とし、中央分離帯などにより往復の車線は分離され、また路肩幅も故障車が駐車できるような占有幅が考慮され、高速走行時の車道の余裕と逸走を防ぐため、車道の両側には側帯を設けるなどの考慮が払われている。線形設計に関しては、設計速度の向上に即応した線形設計となるよう考慮されている。

この基準については、高速道路上での交通経験が乏しいため基準の内容にまだ確信をもてない面もかなりあるが、これらの点はここ数年のうちに研究され、一般道路の構造令のように法制化されるようになるであろう。

7.4 調査研究の発展

1919年（大正8年）は、長年の懸案たる道路法が施行された記念すべき年であったが、これとともに道路改良に関する試験を行なうために土木試験所が設けられたことは、わが国道路技術の向上に関する一大慶事であった。以来40年余、その間に消長もあり、その名も土木研究所と変わりはしたが、この試験所は常にわが国道路技術の中心として、無数のすぐれた研究や数多くの優秀な技術者をわが国の道路界に送りつづけてきている。しかしながら、当時の土木試験所の試験は、単に材料試験の域を出なかった。

大正末期から昭和初年にかけて藤井真透によって行なわれた、道路と運輸経済との関係についての調査研究は、道路の基本問題を衝く最初の大きな科学的調査であった。1928年（昭和3年）からは、5年ごとに主要道路について全国的交通量調査を行なうことになり、今日まで定期的の実施されている。ただ惜しむらくは、1943年（昭和18年）の調査成果が戦時の疎開によって不備となったことである。この資料がもととなって、交通量の算定、重量係数の算出などについての藤井・兵藤らの研究が行なわれている。

満州事変（1932年）、支那事変（1937年）としたいに戦時色濃厚となり、昭和初期から問題になっていた関門海峡の道路による連絡は、トンネルによることに決定し、1937年（昭和12年）パイロットトンネルの掘削が始まった。また自動車道路計画案が樹立され、1953～54年（昭和18、19年）には、名古屋―神戸間の測量も行なわれた。戦争の深刻化とともにこれらは放置されたが、今日、名神および東名高速道路として陽の目を見ているのである。

戦時中の特筆すべき調査は、1940年から1942年（昭和15年から17年）に至る3年間継続で行なわれた重要道路整備調査である。従来の調査が道路のみを対象としたのに対し、広く交通全体の立場から道路を見、また一般経済との関連性を具体的に把握しようとした点で画期的ともいえよう。この調査の内容は、道路および道路交通に関する調査、道路輸送に関する調査、輸送の経済的実状調査、道路構造の研究、自動車の燃料問題の検討、道路の財政的検討、道路計画に関する意見の7部より成り、内務省国土局道路課が中心となり、内務省土木出張所、府県庁諸機関などを動員して行なわれたのであるが、軍の秘密主義に禍いされて幾多の困難があり、その資料の一部は疎開によって失なわれたのは、

誠に遺憾であった。しかし内容からわかるように、道路計画のための調査としてはきわめて基本的でしかも広汎なものであり、本格的な調査を体系づけた点で、最初のものであった。

戦後の修繕時代には、調査研究もあまり振わなかったが、道路土質工学の知識がしだいに受け入れられるにつれて、施工管理の目的で土質試験が普及し始めた。そして、施工現場における土質試験設備の装備も各所で行なわれ、路床路盤の安定処理、盛土基礎の安定化、盛土の締固めなどについて、最新の技術の導入が進められた。一方、土質工学に関する認識が深まるにつれ、道路の計画、設計の段階における土質条件の科学的な把握の必要性から、建設省直轄国道測量の一環として土質調査が正式に取り上げられたのは、1953年（昭和28年）であった。1956年（昭和31年）、日本道路協会が道路土工指針を発刊してから、道路土質工学の地位はほぼ確立されたといえよう。

航空写真測量は、1930年代機械の進歩によって飛躍的な発展を記録し、第2次大戦中には、アメリカによって戦略上の手段として利用されたが、道路計画への利用は、連合軍の占領下にあったわが国で、アメリカ地形技術大隊（現在は米極東陸軍地図局に継承されている）が全国にわたる航空写真を作成し、これを借用したことに始まる。航空写真測量については、従来の地上測量に比して、精度が十分でない、経費が高いというような批判があったが、精度も向上し、特に誤差累積のおそれがない点、広汎な地域の調査については、時間的にも経費的にも地上測量よりはるかにすぐれている点、測量の実施に当たって住民との間の過度の摩擦を避けうる点、などの利点が理解されるにおよんで、しだいに普及し始めた。

航空写真の利用は地形測量のみでなく、東名高速道路の計画線調査（静岡―豊川）においては、航空写真による軟弱地盤の判読が行なわれている。

道路事業に関する世論の喚起には、道路改良の経済効果についての、国民の認識を高めることがもっとも必要である。1952年（昭和27年）鮎川義介の発意で立案された鮎川道路計画は経済効果の計測を追求した本格的な調査であり、その中でも在庫節約の効果の計測を試みた点で、ユニークなものであった。その後、日本道路公団の有料道路経営が進むにつれ、採算計算が必要であることから、経済効果の研究が日本道路公団を中心として大きく進んだ。

自動車交通の隆盛とともに、交通調査も進歩した。5年ごとに行なっていた建設省の交通情勢調査は、1958年（昭和33年）実施のものから、O-D調査（出発地・目的地調査）をあわせて実施することとなった。また1959年（昭和34年）度からは、交通量の間の変化をつかむため、全国45地点についての交通量の常時観測も始められた。交通容量についての認識も、1953年頃から深まり、アメリカのBureau of Public RoadsのHighway Capacity Manualを基礎とした1958年制定の道路構造令には、各幅員に対する設計交通量が規定されるに至った。しかし、その後も実際交通についての観測が数多く行なわれており、1962年（昭和37年）の第7回日本道路会議では、これらの調査結果から、2車線道路の交通量についてのかかなり良い結論がまとめられている。交通量の観測は、自動的な交通量計の開発により著しく容易となったが、交通現象の解析のために写真を連続的に撮るスナップショットによる方法、航空写真を利用する方法なども、ごく最近開発された。交通速度の調査は、量の調査に比して、比較的におこなわれているが、最近レーダーによるスポット・スピードの調査が用いられ始めた。

交通の面でもう一つ忘れることのできないのは、将来交通量の推定の技術の進歩である。有料道路採算性の検討のための必要から、交通の発生、その各ルートへの配分、異種の交通機関の間の交通の転換問題などについての調査研究が著しく進んだ。この問題は、単に有料道路のみについての問題ではなく、およそ道路の計画すべてにとり、もっとも基本的なものであり、道路の地域計画との関連を具体的に明らかにする方向へ歩を進めることとなった。これらの技術的進歩は、道路整備に関する長期的計画をきわめてダイナミックなものに変えつつある。1964年（昭和39年）度から発足する第4次の道路整備5カ年計画においては、地域開発の将来目標を出発点として、経済開発との関連を明らかにした計画の策定が試みられており、この点では世界的にもかなり進歩した道路計画といえよう。

8. 港 湾

8.1 はじめに

人類が漁業や農業を営みながら一定の地域に住みつき、共同生活形態を形づくるようになったときから都市が芽ばえる。この初期の集落は物々交換の必要性から交通に容易な海や川のほとりに位置した。

そして船の出入、停泊に恵まれた海岸は自然の「みなと」として栄えるようになった。このようにして「みなと」の歴史が始まる。

ここで「みなと」という言葉について考えてみよう。技術的な表現としては「みなと」は「港湾」と呼ばれる。

これには一般に船舶を外海から護る水面としてのHarbourと、貨物を揚げおろしする機関としてのPortの2つの概念が含まれている。

初期の港湾形態は海上輸送機関である船舶が停泊するための安全な水面である。さらに発展すると貨物の積おろしをじん速・安全に行なう施設を持つようになり、これがさらに進んで、港湾背後地の政治、経済活動が有機的に能率よく活動しうような港湾の形態となる。そしてこのような港湾の機能を発揮させるべく港湾を整備する行為が港湾事業であって、その具体的な土木事業が港湾工事であると考えることができる。

世界最古の築港工事はエーゲ文明（西暦前1600年ころ）の昔にさかのぼり当時世界の海上王国であったクレタ島のミサラ湾で築港工事の行なわれたことが記録に残っている。

わが国では古くから沿岸各地に航路が開け、船舶の通行があったことは神話や日本書記などの古文書によって知ることができる。古代では陸上輸送よりも海上輸送が安全、確実なために港は当時から海陸の結節点として活用されていたことは想像にかたくない。

大和時代には郷津（なつの・今の博多）、難波津（なにわのつ・今の大阪）、その外港としての務古水門（むこのみなと・後の大輪田といわれる）などの九州と瀬戸内海を結ぶ港

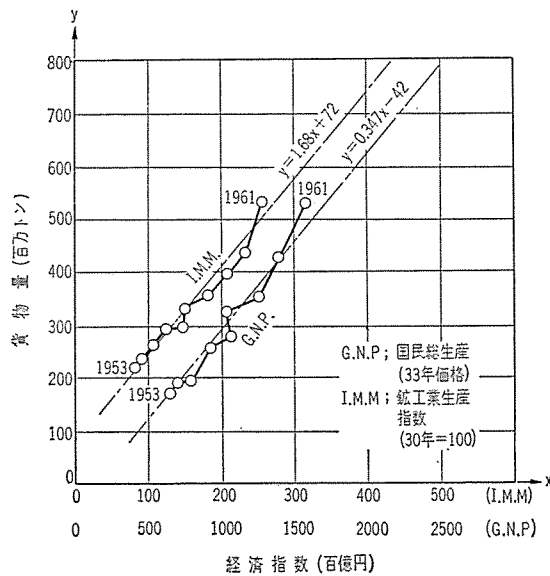
が首都への門戸として発達した。奈良，平安時代には僧行基によって五泊の制が定められ，また荘園が各地に起こると年貢米積み出しのための港湾が発達し，鎌倉，室町時代には商業の発達により兵庫や堺が中心となって繁栄するようになった。また今から約800年前の承安3年に平清盛が兵庫の大和田の泊に防波を目的とした経ヶ島を築いたことは大規模な築港工事として知られている。

このように，当時の港の消長はそのまま都市の盛衰として考えられ，非常に興味深いことである。わが国は四面を海に囲まれ，世界有数の海運国であるのみならず国土面積1km²当りの海岸線の長さは72kmでイギリスの2倍，アメリカの12倍に達し，またこの海岸線の約35%を占める港湾はその数4000に達するという港湾の王国である。

8.2 われわれの生活と港湾

港湾の歴史をひもとくとき，港湾発展の背景となった社会や経済の状況を見捨てることはできない。なぜなら港湾の発達には都市の歴史と密接な関係を有するものであって，港湾

図-3.22 港湾取扱貨物量と経済指標の相関



で取り扱われる貨物の動向は背後地における産業の状態を示し，産業はただちに国民生活につながるものだからである。

さきにも述べたように，初期の港湾は単に自然条件の良否のみによって選ばれたのであるが，経済活動・政治活動がさかんになると，これに即応して港湾の計画が立てられ，建設が行なわれている。

四面を海で囲まれた平地の少ないわが国は天然資源に恵まれなため，国の発展する

基礎をもっぱら工業原材料を輸入し製品を輸出する，いわゆる加工貿易に求めねばならないが，その舞台は港湾であるといえよう。

わが国が，工業国として発展するためには，それに応じた港湾を整備する必要がある，最近の各地における臨海工業地帯の発展とこれに付随した工業港の隆盛を見ても，われわれの社会にとって港湾がいかに不可欠のものであるかがわかる。このことは，たとえば国の経済指標としてよく用いられている GNP (国民総生産額) や IMM (鉱工業生産指数) と貨物量の最近における強い相関 (図-3.22) を見てもうなずけることであろう。

この貿易貨物の輸送はそのほとんどが海運によるものであって，貿易すなわち海運の発展にともなって港湾施設が整備されねばならないのばいうまでもないことである。

8.3 海運の移り変わり

それではわが国の海運はどのような道をたどったのであろうか。

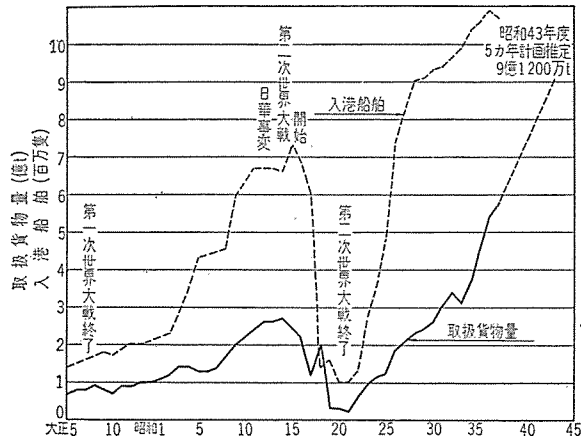
1853年 (嘉永6年) にアメリカの使節ペリーが黒船をひきいて浦賀に来港し，翌年日米和親条約が結ばれるや，ひきつづいてイギリス，オランダ，ロシア，フランスなどとの間に通商条約が調印されて海外との貿易が本格的に開始され，長い鎖国の時代がようやく海外貿易の時代へと移ったのである。こうして各地の港湾が続々と開港 (外国貿易港となること) し，海運がしだいに活性化してきた。外国貿易発足当時は外国船によって輸出入が行なわれ，港運業も外国人の経営によったが，1861年 (文久元年) に鎖国政策による大船建造，外国商船購入禁止令が解かれてからはヨーロッパの帆船や汽船の使用が広まって行った。政府も 1869年 (明治2年) に通商司の下にわが国初めての汽船会社である廻漕会社を設けるなど積極的に海外への進出をはかった。

明治初期のこのような貿易の拡大にしたがい，ようやく港湾整備の必要性が叫ばれるようになってヨーロッパの技術を導入した近代的港湾修築工事が始まり，港湾施設が充実して行ったのである。日清・日露の両戦役を経てわが国海運はようやく世界海運国の列に入ることになり，第1次大戦後はめざましい活躍を果たすことになったのである。

その後第2次大戦で壊滅的な打撃を受けた海運は国民経済の回復とともに徐々に上昇の道をたどった。国民の消費水準は1952年 (昭和27年) にはすでに戦前の水準まで達し，その後の急激な景気上昇とともに貿易海運界も世界有数の地位をしめるに至ったのである

(表—3.15 および 図—3.23)。

図—3.23 わが国海上輸送の変遷



表—3.15 世界各國の貿易額 (1961)

国名	貿易額 (100万米ドル)
アメリカ	20 755
西ドイツ	12 687
イギリス	10 308
フランス	7 210
ソ連	5 998
カナダ	5 811
オランダ	4 307
日本	4 236
イタリア	4 188
ベルギー	3 924
スウェーデン	2 743
オーストリア	2 324

海運界のこのような躍進ぶりは、造船技術の進歩による船舶の大型化と高速化に負うところが大きい。特に最近の海運界ではこの傾向が著しく、さらに石油や鉱石などの専用船使用、荷役の機械化がめざましく、最近では航路別・専用船別埠頭の配置、あるいは貨物の流動を考慮した埠頭施設の合理的配置など、以上の情勢に応じた港湾整備計画がたてられるとともに、港湾そのものの配置や整備

重点についても国内外の経済活動を考慮した総合的プロジェクトの作成が行なわれている。

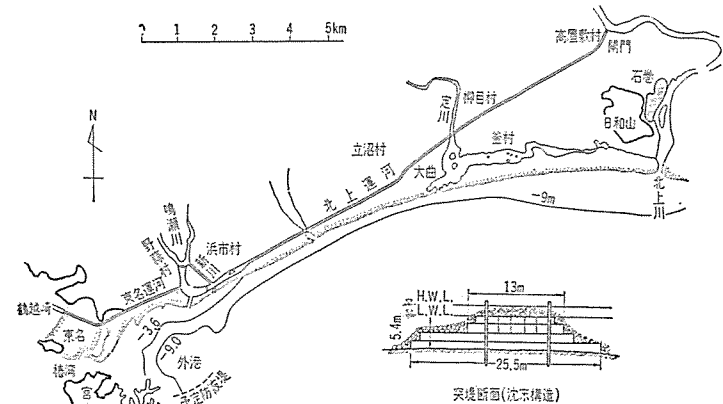
8.4 港湾工事のはじめ

近代におけるわが国最初の港湾工事が具体化したのは明治の初期である。大久保内務卿は当時の状況にかんがみ、オランダから技術者を招いて北陸の坂井港（現在の三国港）と東北の野蒜（のびる）港の築港を命じた。これがわが国における近代的築港工事の始まりである。

坂井港は九頭竜（くずりゅう）、日野、足羽の三川が合流した河口港で、内務省は 1876 年（明治 9 年）オランダの技師エッセル（G. A. Escher）に調査を命じ建設計画を立てさせた。その計画は延長約 500 m の沈床を基礎として捨石構造の突堤兼防波堤の建造と航路しゅんせつより成り、その後オランダのデレーケ（J. D'rijke）による設計変更などを経て 1885 年（明治 18 年）に工費約 30 万円をもって完成した。

一方、野蒜は宮城県桃生（もろう）郡の一寒村であったが、東北地方の産業振興を目的としてオランダ人ファン・ドールン（Van Doorn）の意見に基づきこの地に港湾建設の計画がたてられた。その計画は 図—3.24 に見るように内外港の二部分よりなり、内港から幅 25 m、深さ 1.6 m の運河により北上川および松島湾に連絡するもので、運河には閘門

図—3.24 野蒜港の築港計画



を、また鳴瀬川口内に水深約 5m、面積 3万 m² の船溜りと港口に幅 9~15m、長さ 270m の突堤を左右に設けた。この工事は前記坂井港より 2カ月後の 1878年(明治 11年) 7月に着手され、わが国最初の蒸気動力によるバケットしゅんせつ船によって運河の掘削が行なわれた(能力は 1日 40t)。

以上の二工事はいずれも外国技術者の指導のもとに行なわれたのであるが、彼らは河川

図-3.25 わが国主要港湾の築港工事着手時期

港名	明治			大正			昭和		
	20	30	40	5	15	10			
東京									
横浜									
神戸									
名古屋									
大阪									
長崎									
新潟									
函館									
四日市									
伏木									
若松									
三池									
関門									
小樽									

の専門家であったり、現場経験に乏しかったりしたため工事は難行し、たびたび災害を受け沈床が流失したり漂砂で埋没したりして港湾としての実用上の効果はほとんどなかった。しかし当時としてはまったく未曾有の工事であったので内外の高官が統々と工事現場につめかけ、新しい港湾技術の導入に認識を深めたのであった。

明治初期から中期にかけて外人の手によってこのように港湾修築計画がたてられ、あるいは実施された港は東京、大阪、横浜、新潟、室蘭、釧路、網走、根室、小樽、石狩、留萌、三角、長崎、鳥取、桑名、塩釜、細島、広島、森、函館、博多など多くの数に上っている。これらの港の工事は明治末期から大正にかけて行なわれ、このころに至って外国の技術を吸収したわが

国の港湾技術者がようやく独力でその第一歩を踏み出すことになったのである。

8.5 初期の港湾構造物

港湾の構造物といえば、まず防波堤とけい船岸壁があげられる。防波堤の築造は古くローマの昔にさかのぼるが、本格的に築造されたのは 1687年に起工されたフランスの軍港シャープール(Cherbourg)で捨石堤として施工されたのが最初であろう。当時は設計・施工技術が幼稚であったため失敗を重ね 166年後にやっと完成したといわれる。

19世紀に入るとコンクリートによるブロック積みの防波堤が施工されるようになり、19世紀後半にはケーソン堤も出現した〔1891年、コペンハーゲン、ハイスト(Heyst)〕。

わが国では外国より約 50年おくれて 1890年(明治 20年代)から 1900年(明治 30年)にかけて横浜、大阪、小樽などでコンクリートブロックによる防波堤の建設が開始された。しかし、コンクリート工事の経験が浅いためにコンクリートにクラックが入って問題となったり(横浜、大阪)、地盤の調査方法が不十分なため軟弱地盤に堤体が 7mも沈下したり(大阪)の失敗が続いた。

けい船岸としては当初横浜、大阪で鋼ぐい基礎の棧橋が作られた。横浜港の棧橋は幅 18m、長さ 450m、くい間隔 4.5m、天端高 6.5mで、くいは鑄鉄製の外径 54cm、長さ約 2.4mのものを 18mに継ぎ、根入長約 8mとした。当時は、まだくい打機がなかったため、くいの先端には径 1.5m、厚さ 6cm程度のスクリュウをつけ、すべて人力でねじ込んだ。そのため工夫 36人で 1日の工程は 2本であったといわれる。大阪港天保山沖の棧橋は幅 27m、長さ 450m、くい間隔 4.5mでくいは径 15cmの

図-3.26 大阪港の鉄製棧橋

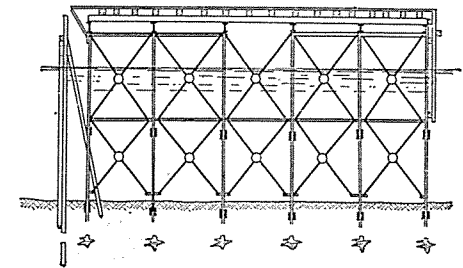
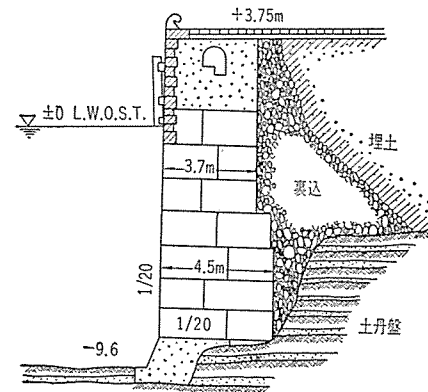


図-3.27 横浜港のブロック積岸壁



鋼ぐいで長さ 6mのものを 3本継いでねじ込んだ。これらの棧橋の上部はすべて木造である。

本格的な岸壁は横浜港で 1899年(明治 32年)に着手された延長 930mの -7~11m岸壁で、これは図-3.27に示すように地盤の土丹盤を掘りならし、袋詰コンクリートをならべた上に約 12tのコンクリートブロックを積んで本体を作り、上部を場所打ちコンクリートとしたものである。

当時のコンクリート技術について注

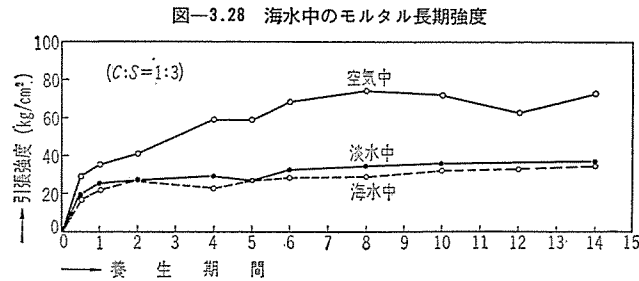


図-3.28 海水中のモルタル長期強度

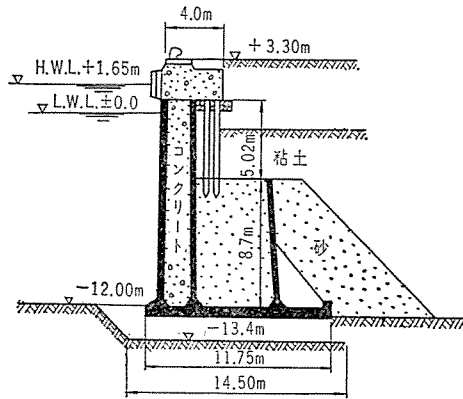


図-3.29 神戸港のケーソン岸壁

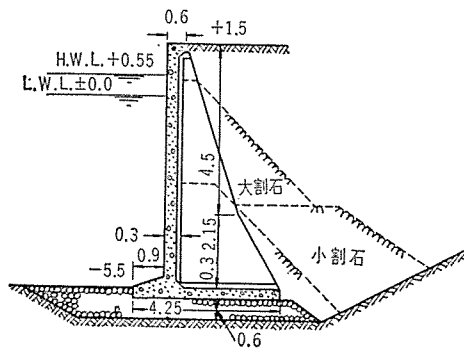


図-3.30 境港のL型岸壁

目すべきことは、小樽港の技師であった広井勇は1902年(明治35年)に海水中のコンクリートの耐久性を増加し、費用を軽減する目的で火山灰を使用していることである。当時ヨーロッパで実験的には研究が進められていたが、火山灰を本工事に使用したのはこれが最初である。広井はまた海水中のモルタルの強度について長期の実験を行ない、貴重な資料を提供している(図-3.27)。

1895年(明治28年)頃に導入された鉄筋コンクリートは、1906年(明治39年)に台湾の基隆港で棧橋の桁として港湾で初めて採用された。その後ケーソン工法がコンクリートブロックにかわって採用されるようになり、鉄筋コンクリートのケーソンが神戸を初めとして各地で作られるようになった。

ケーソンは、初めドックで製作し

浮揚させて運搬したが、小樽で1911年(明治44年)に世界で初めての滑台による進水に成功してからはドックのない港でも容易に製作できるようになり1920年(大正10年)頃には不対称ケーソン(神戸)、アーチ形ケーソン(横浜)、三段積みケーソン(朝鮮元山)などの変形が出現し、防波堤やけい船岸の本体として大いに用いられた。またケーソンの中詰は当初コンクリートで行なっていたが、のちに石や砂の中詰が横浜港を初めとして行なわれるようになった。

L型岸壁は1922年(大正11年)に境港の-7m岸壁で使われたのが最初で、厚さ70cmの捨石の上にL型塊を並べ、背後に裏込めを施したもので、その軽快さから敦賀や細島でも採用され、昭和初期には前面がアーチのL型(横浜)や逆L型護岸(大阪)などの工夫がされ、また横浜では1個の重量が350tというL型ブロックやケーソンをフロートで浮揚させて運搬するなどの工法がとられるに至った。

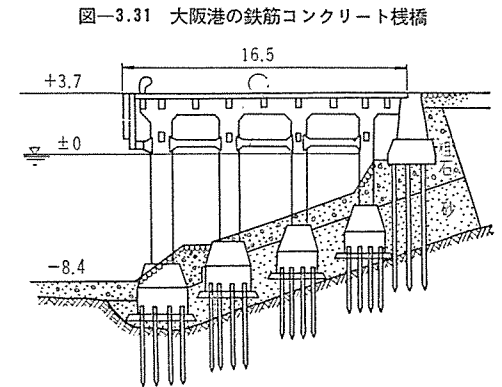


図-3.31 大阪港の鉄筋コンクリート橋

一方、鉄筋コンクリートの普及と施工機械の進歩にともない、鉄筋コンクリート造による橋もしばしば築造された(図-3.31)。

1923年(大正12年)9月1日関東地方をおそった大地震は世界にも類を見ない災害ももたらした。港湾では横浜、横須賀などが被災し、特に横浜では岸壁の倒壊1440m、棧橋の崩壊490m、防波堤の沈下1560mという壊滅的な打撃を受けたのである。

しかしながら横浜港の技術者達は昼夜兼行の復旧工事を重ねて、けい船岸は19ヵ月、防波堤はわずか9ヵ月という驚ろくべき短時日でこの復旧をなしとげ、わが国港湾技術の成長ぶりをいかに発揮した。

この大震災の経験を期にして構造物の設計に震度を考慮した耐震設計法が導入されるようになるのである。

8.6 コンクリートから鋼へ

矢板は1917年(大正6年)頃にはすでに護岸などで使われていたが、その頃はまだコンクリート製のものであった。

昭和の初期に外国からラルゼン型を初め各種の矢板が輸入されるようになり、港湾工事にもしだいに採用され出した。当初は海水による腐食に対し疑問が持たれていたのでコンクリート巻きを施こしたりしていたが、明治末期から大正にかけて Krey を初めとして土圧理論にもとづいた矢板の設計法が発表されて理論的な解明がなされ、また鋼材の腐食調査が行なわれるにおよんで鋼矢板への関心が高まった。昭和初期には第1次大戦後の影響で鋼材の輸入が困難となったが1897年(明治30年)に設立された官営八幡製鉄所が1930年(昭和5年)から溝型鋼矢板の生産を開始し、ようやく港湾における鋼材の使用が本格的となり今日の隆盛を見るに至ったのである。

当時の矢板岸壁の例としてはつぎのものがある。

表-3.16 初期の鋼矢板岸壁

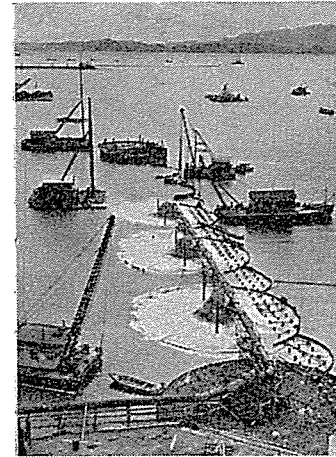
港名	工事時期	延長(m)	水深(m)	形式
大阪港(8号岸壁)	1929~1934(昭4~9年)	376	7.5	Rarssen V
伏木港	1930~1933(昭5~8年)	220	7.5	Rarssen IV
銚子港	1931~1935(昭5~10年)	965	4.6	Terres IV
名古屋港	1931~1934(昭6~8年)	282	9.1	Rarssen V
"	"	803	7.3	Rarssen IV
鹿児島港	1931~1934(昭6~9年)	701	3.0	—
宮古港	1931~1937(昭6~12年)	1 076	3.0	八幡 IV
油津港	1932(昭7年)	507	1.8	Rarssen IIa
香住港	"	51	1.3	" I
大阪港(梅町)	"	164	5.0	八幡 II

このように鋼矢板が港湾に使われるようになったのは、その高強度、大量生産性、急速施工性、継手の水継性などの特色に負うところが多い。

戦後、製鉄各社は矢板の新型を続々と発表し、セルラーコファダム用の直線型鋼矢板や断面係数の大きいZ型鋼矢板が生まれ、さらに最近では鋼板セルやコルゲートパイプ式などの新しい形式も現われている。

セルラーコファダム(Cellular Cofferdam)は直線型矢板を円筒状に打ち込み土砂で中詰めした構造で、従来の矢板のように曲げ強度に頼るのではなく矢板のフープテンション(hoop tension)を利用するため断面が直線型となっている。本工法はわが国では塩釜港の貞山1号岸壁(-9m)で最初に施工され、その後、戸畑港鉾石専用岸壁(-11m)、名古屋港6号地岸壁(-9m)、横浜港出田町石炭岸壁(-7.5m)、室蘭港日本埠頭

写真-3.14 戸畑港鉾石専用岸壁
第3バース



(-7.5~9m)などを初め各地で採用されるに至った。また鋼板セルは、直線型鋼矢板の代わりに鋼板で円筒の本体を陸上製作し、現場にすえ付けてから中詰を施工するもので神戸港の摩耶(まや)埠頭の建設で使用され各国から注目を浴びている。

鋼矢板と同時に戦後著しく目だっているのは鋼ぐいの利用である。鋼矢板を含めて鋼管やHぐいなどの鋼材は近年になってにわかには用いられており、最近の港湾工事の一つの特徴である。

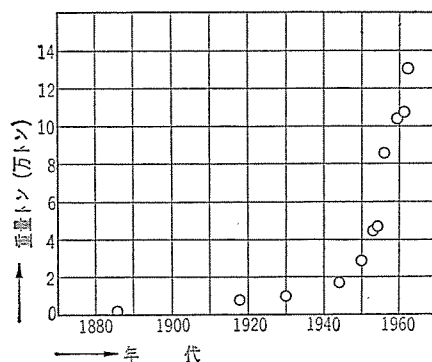
鋼材の使用を促進せしめた他の原因として防食工法の普及がある。これはイギリスで船体の防食に採用されてから発達した。その原理は鉄のイオン化を防止するために鋼材に防食電流を流すものである

が、わが国では新潟で1950年(昭和25年)に天然ガスのケーシングパイプに施工されたから注目されるようになり、1953年(昭和28年)に尼崎港の水門のセクターゲートと取付堤の鋼矢板(八幡Ⅲ型)に初めて採用され、その後、塩釜港の棧橋に本格的に使用されるに至ってその効果が認識され、海中の鋼構造物に電気防食を施すことは常識となりつつある。なおその効果は防食しないものにくらべ数倍から十数倍の耐用性が期待できるといわれる。

最近のけい船岸は船舶のとくにタンカー大型化により-13~16mの大水深の構造が要

求されてきており、耐震設計のうえからも今後ますます鋼材の使用が予想される。

図—3.32 タンカーの大きさの推移



8.7 理論の発展

わが国港湾技術の揺らん期に広井勇は北海道にあって数々の業績を残し、港湾技術発展の基礎を築いたが、近代日本の港湾建設技術は広井勇にその源を発しているといっても過言ではない。彼は小樽港の建設に従事しつつ1928年(昭和3年)のサンフルー(Sainflou)の浅水重複波の波圧公式やミニキン(Minikin)、バグノールド(Bagnold)などの衝撃圧を考慮した波圧公式の提唱に先立ち1898年(明治31年)8月に広井公式として知られる波圧公式を発表した。

これは防波堤などに直角に作用する波圧力 p (t/m^2) を砕波の動圧の計算に基づいて

$$p = 1.5 wh$$

w : 水の単位重量 (t/m^3)

h : 波 高 (m)

で表わしたものであるが、式の誘導は理論的であるにもかかわらず、このように簡単な形に表現され、しかも平均波圧としては実際の波力に非常によく適合しており、いまなお防波堤などの設計に広く用いられている。

波浪の理論は第2次大戦中にアメリカを中心にして非常な勢いで発展した。戦後数年の間にこれらの理論はすばやくわが国の港湾・海岸技術者によって消化されることになっ

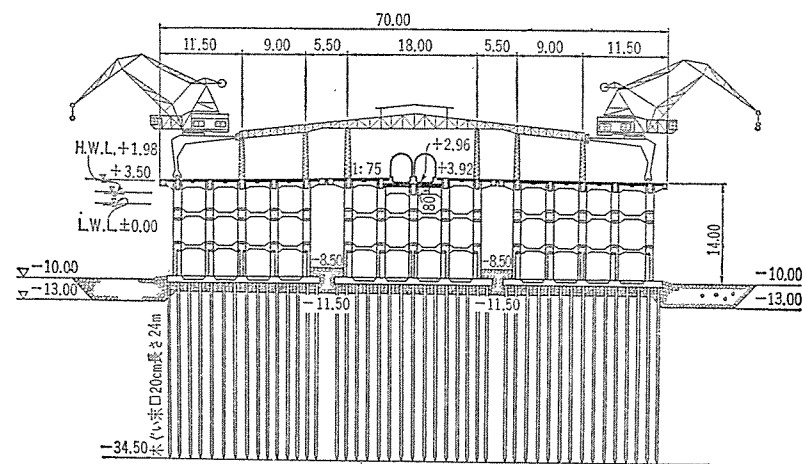
た。その内容は風波の発達を莫大な実験資料によって大成した SMB (Sverdrup-Munk-Bretshneider) 法と呼ばれる波浪予報理論を初め、波浪の屈折・回折理論、捨石堤の重量算定公式、漂砂の流動機構などがおもなもので、これらの理論はわが国技術者に海岸工学への新しい認識を植えつけることになったのである。

これに刺戟され各地で波浪の観測が行なわれるようになり、運研式波高計など計器の精度や耐久力の向上と相まって全国に観測網が完備し、その後の海岸・港湾構造物設計の重要な指針を与えうようになった。

一方、地震に対しては関東大震災以来、岡部三郎や松尾春雄によって岸壁に作用する地震時土圧の研究が進められ、地震力や地震時土圧のほか地震時動水圧やゆり込み土圧などを考慮する必要もあることなどがわかった。地震国であるわが国においては、この分野では諸外国に例のない独自の耐震研究が今もなお着々と進められているのである。

地震について、港湾の施設として問題となっていたのは沖積地域における軟弱地盤工法である。それまでは貴重な失敗の累積を経てきていたが、戦後の土質工学の躍進的進歩によって合理的な処理が可能となってきた。すなわち軟弱地盤において、土質工学の新しい技術が本格的に港湾工事にとり入れられたのは1952年(昭和27年)の横浜港高島3号棧

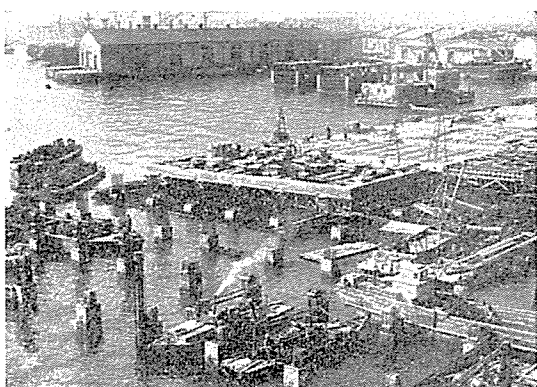
図—3.33 高島3号棧橋横断面図



橋建設工事である。

この栈橋は軟弱地盤上に建設された摩擦ぐい基礎の上に長さ 190 m, 幅 65 m, 水深 10 m の鉄筋コンクリート脚柱構式栈橋を構築したもので、この付近は海底から約 30 m が軟弱粘土層であるため、シンウォール サンプラーの使用による各種土質試験のほか、くい打試験、載荷試験、水平抵抗試験などの現物実験を併用しつつ施工された。これが港湾工事へ土質工学が導入される出発点となり、軟弱地盤土性の問題、基礎工の問題解決への足がかりとなったのである。現在ではつぎつぎに解明される土の工学的性質に即応する設計および施工が採用され革新的な前進を示している。

写真-3.15 工事中の高島3号栈橋



8.8 前進した施工法と材料

近年に入って産業経済発展の基盤として港湾の重要性が再認識されるとともに経済成長の当然な結果として全国的な規模で実施されつつある臨海工業地帯の造成にともなって工事量が増大し、施工のじん速性に応じた経済的な新工法が続々と現われてきた。ここでそのいくつかを紹介して最近の技術発展の躍進ぶりを眺めてみたい。

(1) プレパクト コンクリート

従来、水中コンクリートは袋詰コンクリート工法として施工され、流動性を必要とする

注入コンクリートは過剰水分による分離現象が根本的な欠陥として港湾では使用が疑問視されていた。しかるに水溶性セルローズエーテルを主剤としたイントリュージョン・エイドの開発とフライアッシュの使用によりこの欠点が解消されて実用化が可能になった。この方法によるとモルタルは水との親和性が減少するので港湾における水中コンクリートの施工に多大の貢献をすることになった。わが国の港湾で最初に実施されたプレパクトコンクリートは1954年(昭和29年)に施工された横浜港山下埠頭第一バースの建設工事である。

この岸壁は-10 mの棚式矢板岸壁で、棚部は厚さ65 cm, 幅14.4 m, 延長190 mの鉄筋コンクリート版であったが、この部分は感潮部に当たるため約1800 m³のプレパクトコンクリートとして施工したものである。この工事は同時に施工された門司港田ノ浦岸壁の建設工事とともに港湾構造物にプレパクトコンクリートを導入する口火を切ったもので、これ以来、激浪の海洋で鋼製脚柱を岩盤上に固定した御前岩の灯標工事でもこの工法によって成功を収めるなど、本工法が積極的にとり入れられるようになったのである。

(2) ゴム防舷材

けい船岸の防舷材は従来そのほとんどが丸太または角材であったが、戦後、横浜でゴム防舷材を使ってから注目を浴びて研究されるようになった。特に軟弱地盤上のけい船岸では軽構造物として船舶の衝撃力を有効に吸収することが必要となり、ゴム防舷材の耐久性、

写真-3.16 山下埠頭の防舷材



経済性、エネルギーの吸収性などの優秀さは高く評価され1954年(昭和29年)ころからは山下埠頭を初め全国の港湾施設に採用されている。

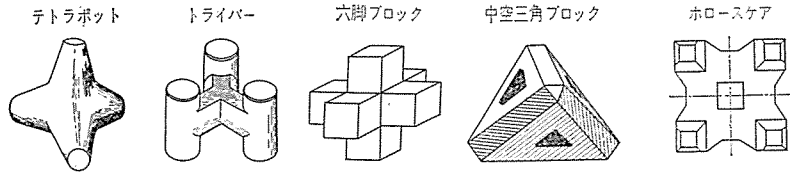
(3) 異形ブロック

古来防波堤や護岸の捨石や根固めに自然石が用いられコンクリートブロックがこれに代わってからは自然石とコンクリートブロックで施工

されるのが普通であった。

1950年(昭和25年)カサブランカ北方の火力発電所冷却用水の取水口の保護突堤堤頭部に16tのテトラポッド(Tetrapod)260個が使用されたのが異形ブロックの誕生である。

図-3.34 異形ブロックのいろいろ



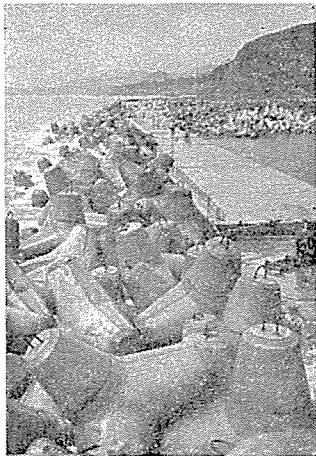
テトラポッド工法はこれまでのコンクリートブロックと異なり、テトラポッドが相互にかみ合い安定したのり面を得ることができ、また透水性があるために消波効果があるのでコンクリートブロックにくらべて経済的な工法である。これが1949年の第17回国際航路会議で発表されるや多大の注目を集め、わが国でも1955年(昭和30年)に岩手県八木港で類似のものが使用され、さらに宮古南方の重茂漁港、八丈島神渡港、新潟県海岸などを初めとしてさかんに用いられるようになった。

テトラポッドの出現に刺戟され、わが国を初め諸外国でも六脚ブロック、中空三角、ホロースケア、トライバーなど20種以上の異形ブロックが考案されて港湾や河川に使用されている(図-3.34)。

(4) サンドドレーン工法

従来港湾における軟弱地盤の基礎工法としては、くい工法、置換工法、自然圧密工法などが用いられてきた。これらに代わって、最近、特に注目されている軟弱地盤改良工法の一つにサンドドレーン工法がある。サンドドレーン工法は粘土層の圧密速度を増加するためにサンドパイルを打ち込んで載荷重により脱水压密を計る方法であって、欧米では1930年頃から行なわ

写真-3.17 横須賀東電火力発電所のテトラポッド護岸

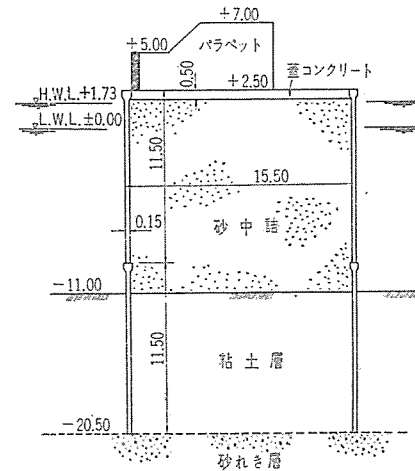


れていた。わが国では1952年(昭和27年)に長崎港の漁港岸壁復旧工事で施工されたのが最初である。その後、塩釜港の棧橋、四日市港第2埠頭、東京港豊州埠頭などに使用され一般化した。また防波堤には名古屋港で初めて高潮防波堤の基礎に施工されたが、サンドパイル64000本を200日間に打つ必要上、1961年(昭和36年)にはわが国初めてのサンドパイル専用船蒼竜を建造し、工程の短縮にその効果を発揮した。現在では軟弱地盤工法として確立されたものとして各地の港湾で採用されている。なお、これに類似した工法として、砂の代わりに特殊な紙を使ったペーパードレーン工法が最近福山港などで使われている。

(5) 真空沈設工法

神戸港で1959年(昭和34年)から着手した摩耶埠頭を防護するために作られた1700m第5防波堤で世界で初めて考案された新しい工法である。第5防波堤は、水深約11mで-20mまでは軟弱粘土層という非常に悪い条件の地点にあるため、置換やサンドドレーン工法に代わって本工法が採用された。

図-3.35 神戸港第5防波堤断面図



これは外径15.5m、厚さ15cm、高さ11.5mのPSコンクリートセルに鋼製の圧入ふたをかぶせ、海底に置いた状態で内部の海水をポンプで吸い出すと、内外の圧力差でセルは海底に圧入されるという原理によるもので、この工法によると1個のセルを圧入する工程が2~3時間という短時間で施工でき、しかも容易なので急速施工に適するものである。なお防波堤体としてはこのセルを二段重ねとして中詰に砂を用いている(図-3.35)。

(6) サンドマッシュ工法

これは石または砂利を加熱したアスファルトマッシュで結合する工法であって、捨石に施工した場合は、マッシュにより捨石全体が重い単一の物体となり、波浪や洗掘に対する抵抗力が増大する。この工法は第2次

大戦中にアメリカが上陸作戦を展開する際、特に戦車などの重量物を通すために湿った海岸砂を急速に舗装する要望に応じて考えられたものであるが、わが国では1960年（昭和35年）頃から国内で研究が重ねられ、四日市港の第2埠頭地区で試験工事が行なわれ、苫小牧、和歌山、新潟、鹿島、荏田などでも試験的に実施されている。このほかアスファルトの応用としてソダ沈床に代わるアスファルト マットや目地の注入などにも適用されつつあり、これらアスファルトの港湾工事材料としての開発には積極的な意欲が注がれている。

8.9 臨時工業地帯と掘込港湾

港の埋立は天平時代からあったらしい。また徳川末期に幕府が品川沖に砲台建設の目的で御台場を築造したことはよく知られている。この御台場工事では品川付近の山土約200万m³を切り崩して5カ所の台場を埋立てたといわれる。

図-3.36 非航ポンプしゅんせつ船の建造状況

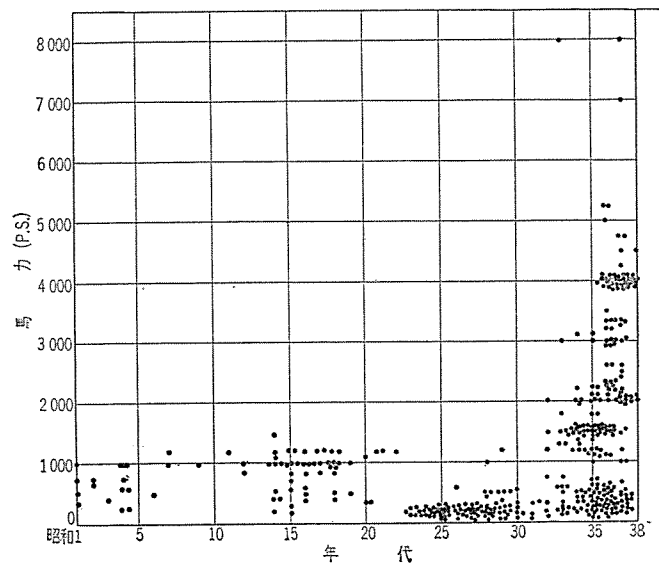
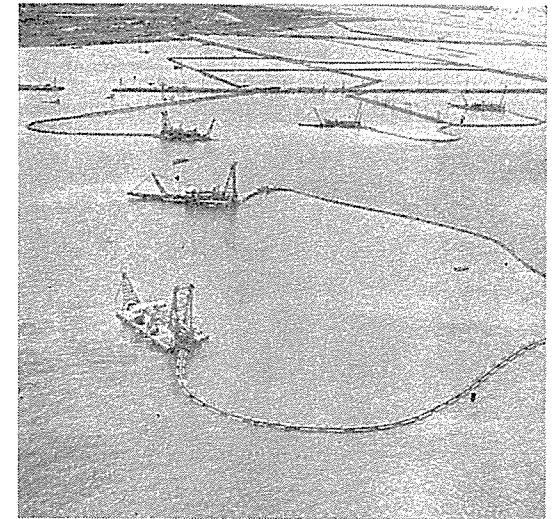


写真-3.18 ポンプしゅんせつ船による臨海工業地帯の造成（水島港）



明治末期になるとアサノセメントの創始者である浅野総一郎は臨海工業地帯の必要性を説き、鶴見埋立組合を組織して1908年（明治41年）に埋立事業に着手した。これがしゅんせつ埋立会社のはじまりである。戦時中は海軍の飛行場建設で埋立技術もかなりの進歩を見せたが、第2次大戦後のわが国産業界の発展につれて埋立事業は急激な伸長を見せ、これに対応するしゅんせつ作業船も、いわゆる建造ブームを巻き起こすに至った（図-3.36）。

臨海工業用地の造成面積は表-3.17に示すように最近非常な伸びを見せており、このうち約半分が海面を埋め立てるもので、今後の経済発展を考慮すると1961年（昭和36年）からの10年間に埋立てられる面積は約3.6億m²、また1965年までの埋立土量は約13.6億m³と見込まれている。

このような海面埋立による工業用地造成とともに、まったく対照的な掘込式による工業港の造成が最近脚光を浴びるようになった。これは今まであまり利用されることのなかった内陸の荒野や平地に海岸から掘込式港湾を掘削してその周囲に工業地帯を造成しようとするものである。

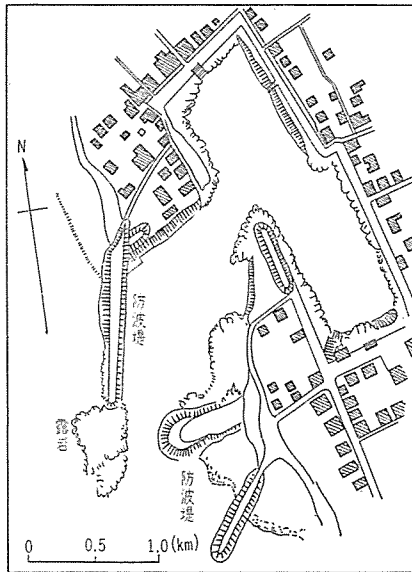
表-3.17 臨海工業用地の造成面積

年 度	造成面積 (1,000 m ²)
1956年 (昭和31年)	2,440
1957 (32)	7,360
1958 (33)	11,490
1959 (34)	12,710
1960 (35)	14,830
1961 (36)	21,980
1962 (37)	27,330

従来の港湾は自然条件に恵まれた海岸や河口に立地しており、背後経済の成長ともなっていて、海上へ指向した臨海工業地帯を形成してきた。以上のようにたとえば自然条件を克服しても軟弱な地盤上に工場建設用の埋立地を造成するという方法に対して、まったく未開発の内陸部に総合的港湾計画にもとづいて新しい港湾を建設し、国土を再開発しようという方法は、従来の港湾計画における自然条件優先に対して経済的立地条件をまず優先させるという最近の港湾建設の立場を如実に表わすものとして意義深いものがある。

こういった掘込式の港はこれまでわが国にはなかったわけではない。約300年前には高知藩執政の野中兼山が津呂、室津、手結などの港で陸地を掘って船溜を築造したことが記録に残っている(図-3.37)。彼がいかにすぐれた技術者であったかはその業績とともに港口の締切堤をアーチ型の堤防で締め切ったということからもうかがうことができる。

図-3.37 野中兼山の掘込港(津呂港)



よって建設への自信を得たものである。

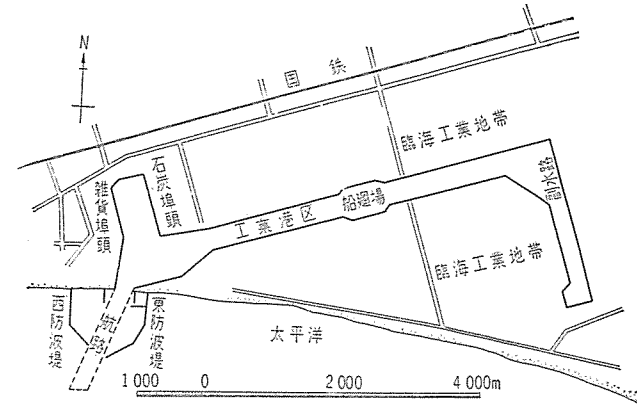
その成果は世界の注目をあびる所となり、その後テムズ河の流砂観測にこれと同じ方

掘込式の港はこのほか1931年(昭和6年)に行なわれた台湾東海岸の花蓮港の例もある。しかしながら本格的な工業港として工場や用地の配置があらかじめ総合的に計画され、まったくの人工港として建設に成功したのは苫小牧港である(図-3.38)。

苫小牧は1951年(昭和26年)に工事に着手し12年後にその一部が完成して開港するに至ったが、この工事における港湾工事へのアイソトープの利用は特記されるべきものである。

苫小牧沿岸はもともと漂砂が著しく、ここに港湾を建設する計画に対し漂砂による埋没の危険があるという反論もあったが、アイソトープを利用したガラス砂のトレーサーによって漂砂の動きを確認することに

図-3.38 苫小牧工業港の計画



法が使われ、またわが国でも新潟、鹿島などの海岸における漂砂の調査方法として採用されている。

苫小牧で掘込式港湾が成功し、また地域開発が叫ばれるようになると各地で同様な形式の港湾建設が計画され、あるいは実施されている。そのおもなものは新潟東港、富山新港、鹿島、田子浦、金沢、八戸、石巻などである。

8.10 進歩した施工機械

港湾工事には作業船と呼ばれる海上作業機械が使用され、しゅんせつ・埋立に使うもの、構造物工事に使うものおよび調査監督に使うものの3つに大別される。1963年(昭和38

写真-3.19 掘込港湾(田子の港浦)



写真-3.20 世界最大のポンプしゅんせつ船アラメダ号 (8 000 HP)

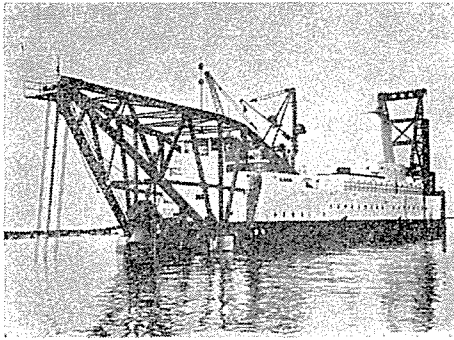


写真-3.21 サンドドレーン専用くい打船「蒼竜」

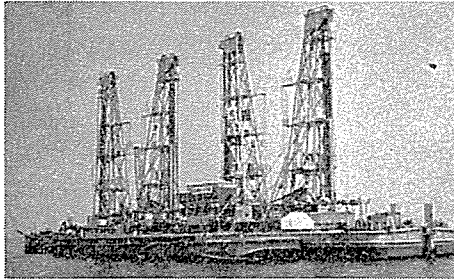
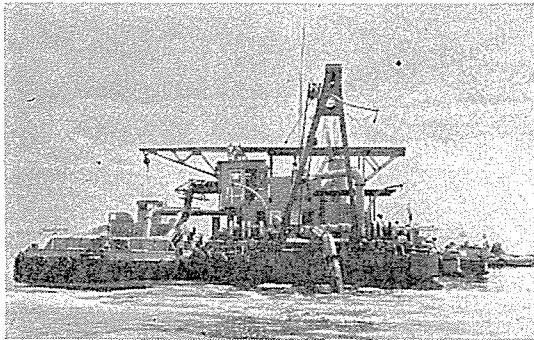


写真-3.22 バージアンローダー「天津丸」



年) 現在わが国の作業船は約 5 800 隻で、その約 17 % がしゅんせつ船である。埋立工事の大規模化にともないしゅんせつ船の能力は現在年間 3 億 m³ のしゅんせつ能力を保持するに至っている。

近代的なバケットしゅんせつ船は 1870 年 (明治 3 年) 大阪安治川のしゅんせつにオランダ製のものを購入して使用したのがはじまりであるが、その翌年には大阪府でイギリス製のグラブ式しゅんせつ船 4 隻を購入して使用した。1886 年 (明治 19 年) にはポンプ船の船体を建造しうるようになり、1888 年 (明治 21 年) には河川で使われた。また、グラブ船は 1887 年 (明治 20 年) に購入使用された。

1894 年 (明治 27 年) には大阪鉄工所で純国産のバケット式しゅんせつ船

の製作を試みたが不成績に終り依然として外国製のしゅんせつ船が使われた。しかし明治後期にはわが国工業の成長もあり、自力で建造しうる段階に達し自航バケット船鹿島号を初めとしてしゅんせつ船の製作が軌道に乗るようになった。

砕岩船は 1911 年 (明治 44 年) に関門海峡で初めて使用され、またディッパー船は 1922 年 (大正 11 年) にアメリカから購入し、国内で組立てたのが最初である。

大正から昭和にかけてはこのようなしゅんせつ船がしだいに数もふえ、能力も向上してきたが、特に最近のめざましい発展ぶりは目をみはらせるものがある。世界最大を誇る 8 000 HP のポンプしゅんせつ船国栄丸、アラメダ号を初めとして従来考えられもしなかったような 100 m もの大深度をしゅんせつできるエジェクター式しゅんせつ船飛竜号、2 000 m³ の容量を持つ自航式ドラグサクシオン海鵬丸、1 000 t 吊起重機船昭鶴号 (世界最大)、波堤のサンドドレーン工事に活躍したくい打専用船蒼竜やバージアン伊勢湾高潮防ローダー天津丸、10 m³ の自航グラブ船上総丸、土砂の大量・長距離輸送に革命をもたらした大阪港のサンド キャリアー方式や神戸港のプッシャー バージ ライン方式など最近の港湾工事の大規模化に即応して、世界にも誇りうる能力をもった作業船の整備が進められている (写真-3.20~3.22)。

8.11 港湾技術の研究開発

港湾技術に関する研究は従来主として大学や国の直轄事業機関を通じてなされてきた。しかし戦後の 1946 年 (昭和 21 年) に鉄道技術研究所に港湾研究室が設置されて専門の研究機関が発足することになり、その後、横須賀市久里浜に移転した同研究室は運輸技術研究所の設立と同時に港湾物象部と港湾施設部にわかれた。さらに 1962 年 (昭和 37 年) 4 月には運研から独立して港湾技術研究所 (港研) となり、充実したスタッフをもって港湾技術の高度化に寄与することになった。港研には水工・構造・設計基準・機材の研究部門が設けられて港湾および海岸水理、埠頭施設、調査試験法、港湾機械などに関する研究や設計の標準化などの業務のほか技術指導、研修、受託研究などが行なわれ、日進月歩の港湾技術の開発と普及に指導的な役割を果たしている。

さききのべたように戦後の海岸工学や耐震設計の発展、模型実験や水槽実験の応用、波圧計・土圧計を初めとする現場測器の開発、矢板やくいなどの構造物設計法、土質工学の普及、さらに施工法や材料の研究などにおける港研の数々の業績はわが国港湾技術を世界一流の水準にまで引き上げることに多く貢献し、今では東南アジアや中南米を初めとする後進諸国の港湾技術センターとして著名なものとなっている。

最近では各地の港湾計画，構造物設計に対して電子計算機を使ったシュミレーション，技術計算，観測データの処理などの技術サービス業務も開始し，あわせて港湾技術者の研修機関としても大きな役割を果たしている。

8.12 港湾技術の将来

わが国の10万人以上の都市の8割は港湾都市であり，工業生産額の8割は臨海工業地帯で生産されている。

港湾建設の歴史をふり返ってみると，国の経済あるいは世界経済との関連において港湾のウェイトがいかに重いものであるかが痛感される。港湾技術の先覚者広井勇はその著書「築港」の中でつぎのようにその重要さをのべている。「惟フニ港湾修築ノ専タルヤ実ニ国家重大ノ事業ニシテ其施設ノ困難ナル土木事業ノ最タリ。故ニ之カ計画ヲ立ツルニ当リテハ最モ慎重ニ最モ周到ヲ以テシ，百年ニ竟リテ違算ナキヲ期セサルヘカラス」。

港湾の整備計画は政府の経済計画に基づいて重点的な整備を進めているが，その内容は1964年からの5カ年で行政投資7200億円，起債事業6200億円というかってない大規模なものをめざしている。また単に国内のみならず，東南アジアを中心とする低開発諸国においても港湾の整備に対するわが国からの技術的援助が強く要請されている。このように港湾技術は海外市場開発にも大きな役割を果たしており，港湾技術者はその先頭に立って活躍している。

港湾技術は「理想的港湾社会への発展のための手段」であり，また「港湾を通じた人間社会の公益または福祉の増進を達成するための手段である」と考えられる。自然科学あるいは社会学，経済学といった科学を基礎とした港湾技術は，われわれの住むこの社会をより発展させるうえで今後も大きな役割を果たし続けるであろう。

9. 空 港

9.1 はじめに

航空事業が他の公共事業と比較して異なる特色は，その対象となる航空機および航空事業そのものの歴史が浅いことで，しかもこれらは近年に至って飛躍的に拡大しつつあるため将来の予測および限界を的確に把握するのが困難で，他の交通施設のように長期整備計画を確立することが困難なことである。したがって，航空事業はその発展の各過程に即応して空港の敷，配置，規模などの整備をきわめて急速に遂行しなくてはならない事業であるともいえる。

9.2 戦前の空港整備

わが国で航空機が実用化されたのは大正年間で，当時は主として各地で開催される飛行会などによる航空思想の啓蒙に努めたにすぎず，離着陸場としては練兵場，競馬場などが使用された。

1927年（昭和2年）に至ってようやく民間航空用の公共用空港（羽田・八尾・雁ノ巣）の整備に初めて国費（約100万円）が投入された。その事業内容は滑走路などの基本的施設およびその他の付属施設であり，2カ年で一応終了した。その後，1929年（昭和4年）より10カ年の間，羽田空港の拡張を初め，札幌などのローカル6空港の整備を行ない，内地の幹線を充実し，内地～上海などの国際線が開設された。1936年（昭和11年）米子に国庫補助率1/3で補助空港が初めて設置されたのを契機に空港の整備もようやく軌道にのり，1945年（昭和20年）の終戦までに羽田の再拡張のほか，名古屋空港などの整備が行なわれた。

1927年（昭和2年）より1945年（昭和20年）に至る空港整備経過は表—3.17のとおりである。

表—3.17 終戦までの内地民間公共飛行場整備予算表

名称	所在地	管理者	水陸の別	整備予算
東京羽田	大正	国	陸	4 875 655 円 [東京のみ 1929~1938 年 (昭 4~13 年)]
				986 656 円 [1927~1928 年 (昭 2~3 年)]
福岡第二多々良	〃	〃	水	[1927~1928 年]
				〃
仙台七郷	〃	〃	陸	1 515 182 円 [1932~1936 年 (昭 7~11 年)]
青森油川	〃	〃	〃	1 525 400 円 [札幌のみ 1945 年 (昭 20 年)]
札幌	〃	〃	〃	36 800 円 [1934 年 (昭 9 年)]
広島大竹	〃	〃	〃	744 246 円 [1935~1940 年 (昭 10~15 年)]
那覇	〃	〃	〃	〃
八丈島	〃	〃	水	160 000 円 [1935 年 (昭 10 年)]
父島	〃	〃	〃	〃
米子	〃	〃	陸	110 000 円 [1936 年 (昭 11 年)]
大阪第二伊丹	〃	〃	〃	1 197 503 円 [1940~1943 年 (昭 15~20 年)]
小月	〃	〃	〃	1 000 000 円 [1937~1939 年 (昭 12~14 年)]
福岡第一雁ノ巣	〃	〃	陸・水	2 933 837 円 [1934~1942 年 (昭 9~17 年)]
調布	〃	〃	陸	3 330 000 円 [1939~1942 年 (昭 14~17 年)]
名古屋十号	〃	〃	陸・水	160 400 円 [1940 年 (昭 15 年)]
横濱	〃	〃	水	1 600 000 円 [1941~1942 年 (昭 16~17 年)]
				2 300 000 円 [1944~1945 年 (昭 19~20 年)]
洲崎	〃	〃	陸	〃
合 計				22 475 887 円

9.3 戦後の空港整備

第2次大戦中は、軍事航空優先のため制約を受け、民間航空用空港もその大部分が、軍用基地に転用拡張されたが、終戦とともに航空が全面的に禁止された。

戦前および戦時中に建設された軍用、民間用の飛行場約 150 は、駐留軍に接収されたものの以外は大部分、農地に転入された。1952 年 (昭和 27 年) 民間航空再開以來約 5 年間は接収飛行場の一部に民航用施設 (事務所・待合室など) を設けて運用していたにすぎなかったが航空機の発展とともに、交通手段として産業経済の開発、民生安定の効果が認識され、1955 年 (昭和 30 年) 空港整備法が制定され、公共用空港の建設費の負担、補助の区分と割合、管理者などが明確にされ空港建設促進が計られるようになった。一方、国際状況の推移とともに逐次返還される飛行場の数も増加して、その改善整備および新規空港の

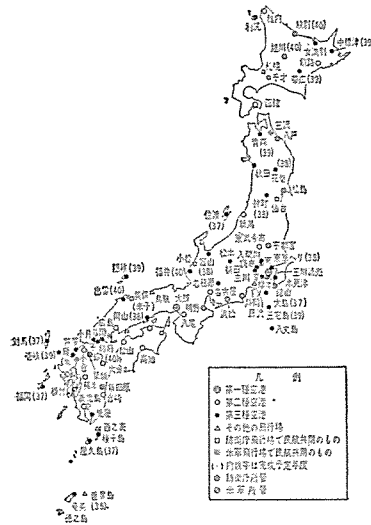
設置建設が活発化し、現在では表—3.18 のとおり、公共用と非公共用あわせて 85 の飛行場が民間航空に使用されている。

表—3.18 民間航空の使用する飛行場

区分	設置管理者	名称	数	備考
路線用	運輸省 (第一種)	東京、大阪	2	公共用
	運輸省 (第二種)	稚内、釧路、函館、新潟、名古屋、八尾、広島、高松、松山、高知、小倉、大分、大村、宮崎、熊本、鹿児島、仙台	17	〃
	地方公共団体 (第三種)	女満別、利尻、中標津、帯広、旭川、紋別、青森、秋田、花巻、山形、佐渡、八丈島、大島、三宅島、福井、富山、松本、岡山、出雲、隠岐、宇部、老岐、対馬、福江、種子島、屋久島、奄美	27	〃
	防衛庁	千歳、札幌、小松、徳島、美保、八戸	6	美保、八戸以外公共用施設指定
	米軍	三沢、岩国、板付	3	
	民間	徳之島	1	非公共用
	地方公共団体	鳥取	1	公共用
非路線用	民間	玉川謨亮、藤沢、東武今市	3	非公共用
	米軍	調布	1	
ヘリポート	地方公共団体	東京ヘリポート、阿蘇内牧ヘリポート	2	公共用
	民間	朝日ヘリポート	1	〃
	〃	青森、盛岡、宮古、秋田、酒田、山形、仙台、福島、会津若松、若松、平、新潟、長岡、上越、日光、所沢、東京、京成谷津、明石川崎、昭和、別府、実相寺	21	非公共用
海上保安庁	函館	1		

上表に示されている種別は空港整法で定められている種別で、第一種 (国際空港—国の直轄、設置、管理)、第二種 (国内幹線空港—国で設置、管理)、第三種 (ローカル空港—地方公共団体が設置、管理) の 3 種に分けられている。

図-3.39 空港分布図



および規模の拡大が必要となる。旅客貨物の地上輸送も多くなるので、駐車場、道路などの拡張も必要である。

大型化により重量も増大し、たとえば戦前の主力機 DC-3 は全重量約 12 t にすぎなかったが、現在の国際線の主力機 DC-8 は約 130 t になっている。このため舗装の支持力の増強を必要とする。これは路床の改良と舗装の構造に幾多の問題を与えている。

航空機の安全性確保のための地上の航空援助施設の拡充が行なわれ高度に発達した無線施設、照明施設により航空機を誘導するようになった。航空機の高速化はエンジンのジェット化に負うところが大きであるが、このために種々の問題がある。ジェット騒音の周辺におよぼす影響についてはジェット機の離着陸経路を人家過密の地区をさけ、滑走路から一定距離を空港の敷地にふくめたり、空港周辺にしゃ音帯としての樹林を設けることが考えられる。またジェットエンジンはその噴出する高熱のプラストにより付近作業中の要員、車両に熱気を吹きあげ、旅客の帽子、衣服を舞い上がらせるので、被害防止のためプラストフェンスを設置する。このプラストおよびジェット燃料はアスファルト舗装の表面を破損し、コンクリート舗装の目地材を吹出したりするので、アスファルト舗装表面に耐熱、

9.4 航空機の進歩と空港施設

航空の発達を空港技術の面から見ると、①航空機の大形化、②高速化、特にジェット化、③航空需要の増化にともなう離着陸回数の増大、の3つに要約される。

航空機の大形化は旅客、貨物の搭載量を増し、かつ航続距離を増加するためであるが、このため空港施設の平面的な点では、滑走路および誘導路の延長拡幅を必要とし、エプロンの必要面積が大となる。この大型化のため1機あたりの旅客数、貨物量も数倍となり、この乗降、積みおろしなどの円滑な取り扱いのためにターミナルビル内外の施設の機能化

耐油性の被覆剤を散布したり、アスコンの品質改良が研究され、コンクリート舗装の目地材にも良質のものが使用されるようになった。

ジェット機は非常に高価であり、有償滞空時間を増大させるためには、相対的に地上滞留時間を極力短縮する必要がある。ことに、給油時間を短縮するため、地下埋設管によりエプロン上の航空機に直接燃料を高圧で急速かつ安全に給油するハイドランド方式が取られた。これは品質管理上も安全有効な方法である。またジェット機はピストン機より離陸上昇角度が緩となり、空港周辺の航空障害に対する諸制限表面を強化する必要が生じた。このため空港周辺の工業地帯造成計画との調整がますます必要となってきた。

離着陸回回数については、空港すなわち滑走路の容量をできるだけ増加する措置を講じ、不足の際にはさらに滑走路を増設する必要がある。滑走路の能力を増加させるには、航空機離着陸間隔の短縮が考えられる。このため、滑走路の占有時間の長い着陸機の早期脱出のために、着陸接地後の減速滑走中約 100 km/h の速度で滑走路外に誘導脱出できるための適当な曲率半径、角度を持ち、機種ごとに適当な位置に配置された高速誘導路が設置され始めた。

9.5 今後の問題

従来、国内ローカル空港は DC-3、フレンドシップ級 (約 12 t) を対象とし、その所要滑走路長 1200 m としていたが、旅客の増大にともなって、CV-440 級 (約 23 t) の中距離機の就航が要請され、滑走路の長さも 1500 m に延長する必要にせまられている。また、近い将来これらの航空機はジェット化される状態にあり、ボーイング 727 級 (約 69 t) が国内航空路線の主力機になることが予想される。そのため 2000 m 以上の長さの滑走路が必要となるので航空保安無線、照明施設、ターミナルビルなどの諸施設の改良、増設などをふくめた空港の総合的拡張が必要となってくるであろう。

これらの拡張経費は莫大な事業費を要するのみならず、道路のう回、あるいは地下道化、障害物件の除去、移転などの問題も考慮する必要があると考えられる。

第1期整備工事の完了した東京国際空港は、1970年頃の予想運航量を対象にして1957年(昭和32年)に計画したものであったが、その後の国際線、国内線の運航量の増加は、予想をはるかに上まわり、このままの増加率では発着回数が空港の能力の限界に達する時

間がかなり早まるものと懸念される。また航空機の発達に急速であり、大型ジェット機の出現後間もない現在においても、すでに超音速旅客機（マッハ2～3）の開発研究が開始されており、10年以内に世界の主要路線に出現することが予想され、ICAO（国際民間航空機構）、飛行場部門でも大きな議題の一つとしてとり上げられている。この機種設計要目および離着陸運航性能についてはまだ明確ではないが、4000m程度の滑走路が必要となるものと予想される。

以上のように急激な輸送需要の増加と急速な航空機の発達に対処すべき空港の整備は莫大な建設費、用地買収および補償の困難性はもちろん、計画・工事に要する多くの期間と人員など種々の難問題を包蔵する。したがって現空港の能力が限界に達する時期を正確に把握し、これに対処するための新空港の建設について、その完成時期、着手時期、規模の決定を誤らぬようにしなければならない段階となっている。

参 考 文 献

- 1) 日本国有鉄道編：鉄道技術発達史
- 2) 日本国有鉄道編：鉄道統計年報
- 3) 運輸省鉄道監督局編：わが国鉄の現状
- 4) 富田善明：複線化の過去と将来
- 5) 根来幸次郎：鉄道保線施工法
- 6) 松原健太郎：新幹線の軌道
- 7) 私鉄経営者協会：鉄道同志会史，1956，2
- 8) 鉄道省編：日本鉄道史，1921，8
- 9) 日本法制資料出版社：私鉄要覧，1964，3
- 10) 鉄道省：日本鉄道略年報，1942，10
- 11) 日本国有鉄道：日本陸運20年史（第2巻）
- 12) 日本国有鉄道：日本陸運10年史，1951，1
- 13) 広井 勇：築港，（前・後編）1898
- 14) 中村廉次：北海道のみなと，1961
- 15) 広井 勇：日本築港史，1927
- 16) 古田良一：日本海運史概説，1955
- 17) 朝日新聞社：日本百年のあゆみ，1964
- 18) 日本工学会：明治工業史，1925
- 19) 運輸省港湾局：日本港湾修築史，1951
- 20) 渡部弥作：港湾工学，1957

- 21) 文献調査委員会：消波用異形ブロック，土木学会誌 49 巻 4 号，1964
- 22) 高島三号棧橋設計上の問題点，港湾技術要報 No. 3，1953
- 23) 岡部三郎：埋立の今昔，港湾37 巻 5 号，1960
- 24) I. Hiroi：“The force and power of waves” Engineer 130，1920
- 25) 篠原登美雄：山下埠頭の建設，土木学会誌 48 巻 11 号，1963
- 26) 第 11 回直轄港湾技術研究会：摩耶埠頭試験工事報告，運輸省第 2 港湾建設局，1960
- 27) 佐藤 肇：港湾計画について，港湾講演集，1954
- 28) 土木学会外人功績調査委員会：明治以降本邦土木と外人，土木学会，1942
- 29) 栗栖義明：わが国港湾の整備計画に関する研究，1960
- 30) 落合林吉：埋立工学，1954
- 31) 東 寿：港湾計画論，日本港湾協会，1956
- 32) J.W. Johnson 編・土木学会海岸工学委員会訳海岸工学：（I，II），丸善，1955
- 33) 比田 正：港湾施工法（上，下）最新土木施工法講座 16，17 巻，山海堂，1962
- 34) 鈴木雅次：港工学，1937
- 35) 港湾整備の長期構想，運輸省，1964
- 36) 日本港湾協会：港湾工事設計要覧，1959
- 37) 港湾法，法律第 218 号，1950
- 38) 海岸法，法律第 101 号，1956
- 39) 漁港法，法律第 137 号，1950
- 40) 土木工学ハンドブック（空港）土木学会，1964
- 41) Airport Design, Federal Aviation Agency (U.S.)
- 42) Airport Paving, Federal Aviation Agency (U.S.)
- 43) Airport Drainage Federal Aviation Agency (U.S.)
- 44) Airport Terminal Building Federal Aviation Agency (U.S.)
- 45) Design of Concrete Pavement Portland Cement Association (U.S.)
- 46) Aerodrome Manual Part 3 Data on aircraft characteristics ICAO (U.N.), Part 4 Strength of Pavement ICAO (U.N.)
- 47) International Standards and Recommendation Practices, Annex 14.
- 48) Planning and Design of Airport, Robert Horonjeff McGRAW-HILL (U.S.)
- 49) Airport Buildings and Aprons, JATA