

1. 概 説

1.1 歴史と展望

1.1.1 斜張橋の起源

斜張橋はここ30年ほどの間に急速な発展を見た橋梁形式である。その起源は遠く古代にまで遡るが^{1,2)}、今日の斜張橋に類似した初期の例としては、1784年にスイスの Löscher により考案された木橋(支間長32m, 図-1.1)を挙げることができよう^{2)~5)}。この橋は、斜め引張材の配置がいわゆるファン形式の自定式構造で、下部工に水平反力が作用しないように考えられている。さらに側径間にあたる場所にカウンターウェイトを設けて橋梁全体のバランスをとっていることなど、近代斜張橋に見られる特徴を備えたものとなっている。

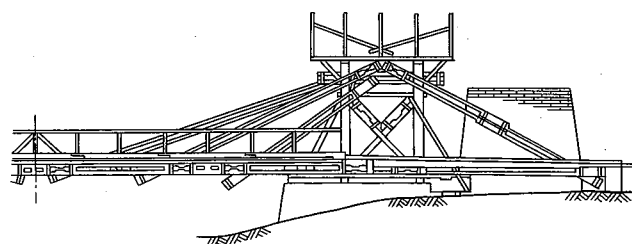


図-1.1 Löscher の木橋

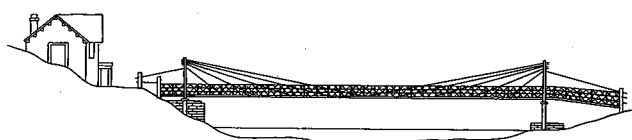


図-1.2 King's Meadow 橋²⁾

その後、1817年にはイギリスで Redpath と Brown により King's Meadow 橋(33m, 図-1.2)が架設された。この斜張橋は歩道橋で、斜め引張材にロープを使用し、塔は鑄鉄製となっている。さらに、フランスの Poyet やイギリスの Hatley らにより種々の斜張橋が考案されるようになったが^{1)~3)}、この時期にはまた既設斜張橋の落橋事故が相ついで発生している。1818年に風による振動でケーブルの継手が切断して落橋した、イギリスの

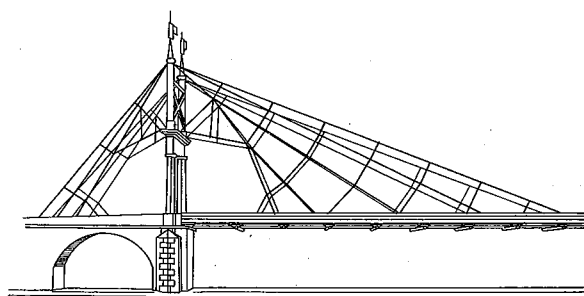


図-1.3 Saale 河の斜張橋

Tweed 河に架かる歩道橋(79m)や、1825年に群集荷重によりケーブルが切断して落橋したドイツの Saale 河に架かる斜張橋(78m, 図-1.3)がその例である。

これらの事故原因を調査したフランスの科学者 Navier は、斜張橋よりも吊橋の方が力学的に優れた橋梁形式であるとの結論を出している。これは、当時の技術レベルでは斜張橋形式のもつ高次の非静定量の解析が不可能であったことや、ケーブルの材料として信頼性のあるものが得られなかったことなどによるものと思われる。こうしたことから、斜張橋はその後一世紀におよぶ長い空白時期を迎えることになった。

19世紀前半のこのような斜張橋形式に対し、19世紀後半には吊橋と斜張橋の混合形式のものが多く架設されるようになってきた。1873年にロンドンの Thames 河に架けられた Albert 橋(122m, 写真

-1.1) もそのような橋の1つである。この橋は現在もよく使用に耐えているものであるが、その主桁を吊っているのは主として斜めケーブルであり、最上段の主ケーブルのように見えるものは、斜めケーブルの自重による変形を抑制するのに必要なハンガーを支持するためのものである。同様な形式の橋としてシンガポールの Cavenagh 橋⁶⁾、チェコスロバキアの Franz-Joseph 橋(図-1.4)などがある。また吊橋として知られているアメリカの Niagara 鉄道橋や Brooklyn 橋なども主ケーブル以外に斜めケーブルを有しており、斜張橋の特性をも兼ね備えたものとなっている^{2,4,6)}。

その後20世紀になってから、西ドイツの Dischinger は Elbe 河に計画された支間長 750m の鉄道橋の比較設計にあたって斜張橋

形式について調査・研究を行い、高強度のケーブルを高い応力レベルで使用することにより斜張橋の剛性を大いに高め得ることを発見した。この架橋計画は実現しなかったが、その際の研究成果が1949年に発表されるに及び、斜張橋は永い空白期間を経て再び注目されるようになってきた。以後コンピュータによる構造解析技術の進歩や高強度ケーブルの開発とあいまって、近代斜張橋はヨーロッパを中心として急速に普及するようになる。

1.1.2 近代斜張橋の始まり (1950年代)

近代斜張橋の歴史は Strömsund 橋に始まるとされている^{1~4)}。Strömsund 橋 (最大支間長183m, 写真-1.2)は1955年、スウェーデンの Ström 海峡に架けられたもので、Dischinger が架橋計画に参加し、西ドイツの DEMAG 社を技術指導して実現したものである。この橋はケーブルにロックドコイルロープを使用していること、架設は張出し工法によっていること、ケーブル定着部は架設時の張力導

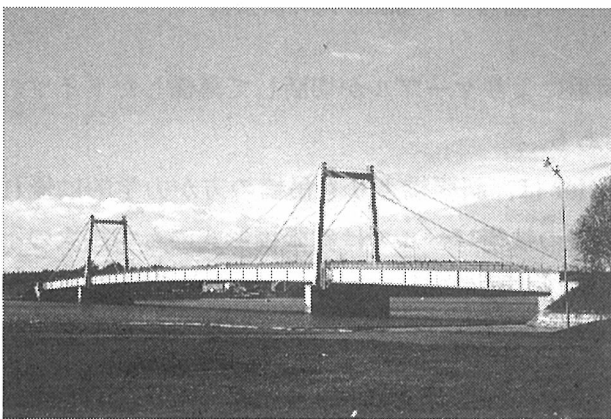


写真-1.2 Strömsund 橋
(W.von Olnhausen 氏提供)

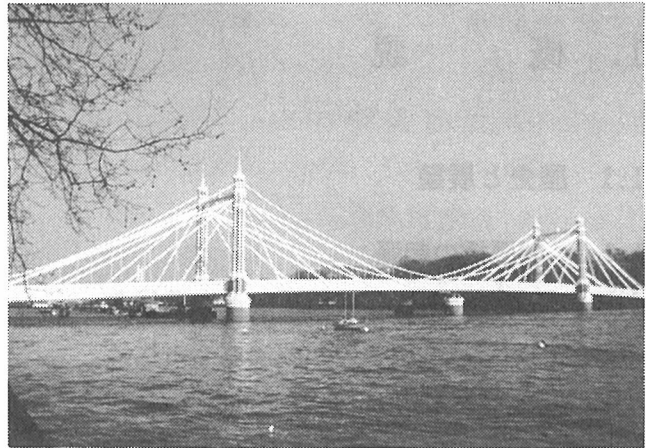


写真-1.1 Albert 橋
(青木徹彦氏提供)



図-1.4 Franz-Joseph 橋²⁾

入作業を考慮した構造としていることなど、その後の斜張橋の規範となるものであった。つづいて、西ドイツ国内において Theodor-Heuss 橋 (260m) および Severin 橋 (302m) が完成した。Theodor-Heuss 橋は Rhein 河に架けられた最初の斜張橋で、後年隣接して完成した Knie 橋や Oberkassel 橋とともに Düsseldorf 市内において独自の景観を構成している。その建設にあたっては、設計法の妥当性や斜張橋の構造特性を調べるため、模型および実橋に対する静的載荷実験が実施さ

れるなど、計画・設計・施工面で種々の詳細な検討が行われた。また、Severin 橋（写真-1.3）の計画に際しては数種類の橋梁形式の比較が行われ、周囲の景観との調和を考えた非対称構造の斜張橋が選ばれている。

なお、これら2橋はいずれも鋼床版を採用して主構造の軽量化を図ったことにより支間の長大化に成功しており、Severin 橋はその後1969年に西ドイツでKnie 橋（319m）が完成するまでの10年間、斜張橋における最大支間長の記録を保持することとなる。

この時期の斜張橋としては、ほかに西ドイツの Büchenauer 橋（59m）、わが国の勝瀬橋（128m）がある。勝瀬橋は旧橋の吊橋のコンクリート製塔・橋台・アンカレッジを再利用したものであり、上記4橋とは異なりアースアンカー式構造であるが、わが国最初の斜張橋として特筆されるものである。

1.1.3 斜張橋の発展（1960年代）

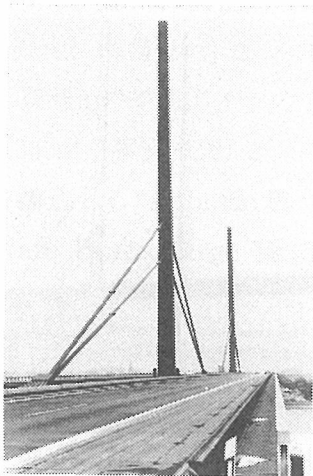


写真-1.4 Norderelbe 橋
(N.J.Gimsing 教授提供)

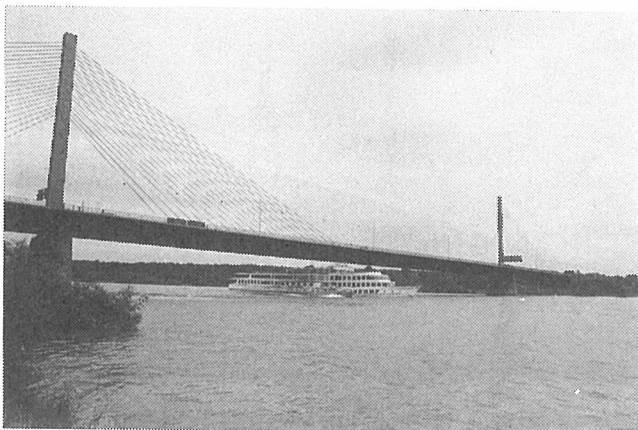


写真-1.5 Friedrich-Ebert 橋



写真-1.3 Severin 橋
(青木徹彦氏提供)

1950年代にヨーロッパで完成した斜張橋は、いずれも西ドイツの技術によって架設されたもので、ケーブル段数の少ない2主桁形式という共通点をもっている。

1960年代では、それらの実績に裏付けされた技術により、Rhein 河を中心とした西ドイツ国内で多くの斜張橋が架設された。その構造形式も、1963年に完成した Norderelbe 橋（172m）に始まる1面ケーブル形式と、1967年完成の Friedrich-Ebert 橋（280m）に始まるマルチケーブル形式とによって代表されるように、様々な景観的・構造的工夫がなされるようになった。

Norderelbe 橋（写真-1.4）は1面ケーブル形式の斜張橋としては世界で最初のもので、その設計・施工に際し、ケーブルや鋼床版に対する疲労試験、実橋に対する静的載荷実験・振動実験が実施され、設計法の妥当性や構造物の耐荷力について詳細な調査・検討が行われて、この新しい構造形式の特性が確認されている。この時期の同形式の橋梁には西ドイツの Leverkusen 橋（280m）、Maxau 橋

(175m)、イギリスの Wye 橋 (235m)、カナダの Papineau-Leblanc 橋 (240m)、わが国の摩耶大橋 (139m) などがある。これらの橋の塔はいずれも 1 本柱形式で、主桁はねじり剛性の大きい 1 箱桁で構成されている。

一方、段数の少ないケーブル形式の斜張橋では、支間の長大化とともに必然的にケーブルの張力が大きくなり、そのため定着構造が大型化・複雑化して施工上の困難さを伴うこととなる。またケーブルが破損した場合の取り換え作業も非常に難しく、これらを解決するものとしてマルチケーブル形式の斜張橋が考え出された。マルチケーブル形式の概念は以前から知られてはいたが、近代斜張橋としてこの形式を採用したのは、ドイツの Homberg の設計になる Friedrich-Ebert 橋 (写真-1.5) が最初である。同時期のマルチケーブル形式斜張橋としては、ほかに西ドイツの Rees-kalkar 橋 (255m) や Ludwigshafen 橋 (141m) があるが、この形式が本格的に採用されはじめるのは最大支間長が 300m 以上の長支間橋梁が多くなる 1970 年代後半のことである。

この時期の斜張橋には、以上のほかに西ドイツの Knie 橋 (写真-1.6)、イギリスの George Street 橋 (152m)、オーストラリアの Batman 橋 (206m)、わが国の神納橋 (80m)、尾道大橋 (215m) などがある。

1.1.4 斜張橋の長大化・多様化 (1970年代)

斜張橋の変遷を見る上での 1970 年代の特徴はその支間の長大化であろう。斜張橋における最大支間長の記録は 1969 年に完成した Knie 橋によって 10 年ぶりに書き替えられたが、翌 1970 年には、西ドイツの Duisburg-Neuenkamp 橋 (350m, 写真-1.7) が記録を改め、その 5 年後にはフランスの St. Nazaire 橋 (404m) が完成して、支間長が 400m を越える斜張橋が実現した。

このように斜張橋が長大化するにつれて、その耐風安定性に注意が向けられるようになってきた。斜張橋はケーブルを主部材とした柔構造物であるため、風の動的な作用の影響を受けやすい。このため、すでに 1960 年代において、Leverkusen 橋、尾道大橋、Batman 橋、Papineau-Leblanc 橋などに対して風洞実験が実施され、限定振動や限界風速などの調査が行われている。さらに 1970 年代では、フランスの St. Nazaire 橋、スペインの Rande 橋 (400m)、わが国の石狩河口橋 (160m)、かもめ大橋 (240m) などにおいて風洞実験が行われており、それぞれフェアリングなどによる耐風安定化対策が施された。また六甲大橋 (220m) では、2 本並列に配置したケーブルにウェイクギャロッピング現象が認められたため、ケーブルをロープで連結する制振対策がとられている。

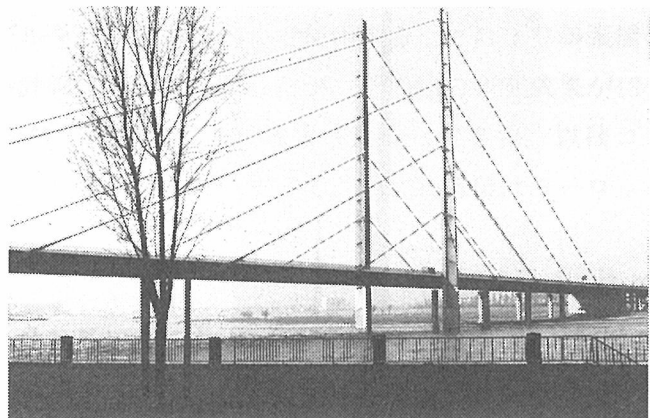


写真-1.6 Knie 橋



写真-1.7 Duisburg-Neuenkamp 橋

斜張橋の耐風安定性についてはその後さらに研究・開発が進み、特に気象条件の厳しいわが国の長大橋では、主桁・塔・ケーブルについてさまざまな制振対策が構じられるようになる。

一方、支間の長大化とともに、鋼とコンクリートのそれぞれの材料特性を生かした複合構造斜張橋も現われはじめた。複合斜張橋の試みは1960年代において George-Street 橋などに見受けられるが、最初の本格的なものは、1971年に西ドイツで完成した Kurt-Schumacher 橋 (287m, 写真-1.8) である。この橋は、径間比の関係から側径間の主桁を PC 箱桁としたもので、主径間の鋼主桁との結合はスタッドジベルと PC 鋼棒によっている。また塔は鋼製である。同時期の複合構造斜張橋としては、ほかに側径間の主桁と塔とをコンクリート構造としたノルウェーの Bybrua 橋 (185m) や西ドイツの Düsseldorf-Flehe 橋 (368m, 写真-1.9) と、塔のみをコンクリート構造とした Rande 橋やアルゼンチンの Zárate-Brazo Largo 橋 (330m), わが国の大和橋 (83m) などが挙げられる。

この時期には、上記以外に、西ドイツでは Köhlbrand 橋 (325m, 写真-1.10), Speyer 橋 (275m), Oberkassel 橋 (258m), Raiffeisen 橋 (235m) などが、また西ドイツ以外ではイギリスの Erskine 橋 (305m), チェコスロバキアの Bratislava 橋 (303m), オーストラリアの West Gate 橋 (336m), ユーゴスラビアの Save 橋 (254m) など、構造上あるいは施工上で特徴ある斜張橋が多数架設された。また

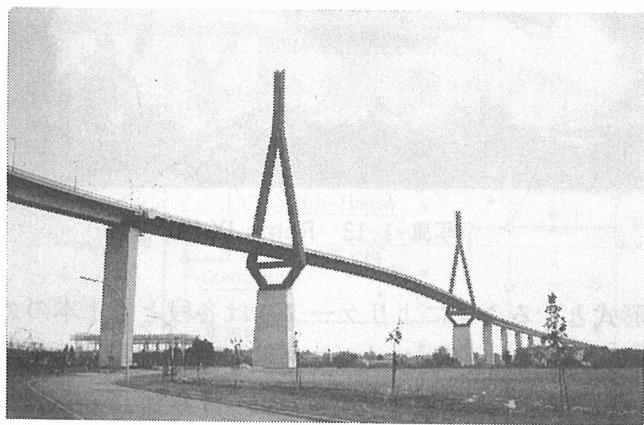


写真-1.10 Köhlbrand 橋



写真-1.8 Kurt-Schumacher 橋

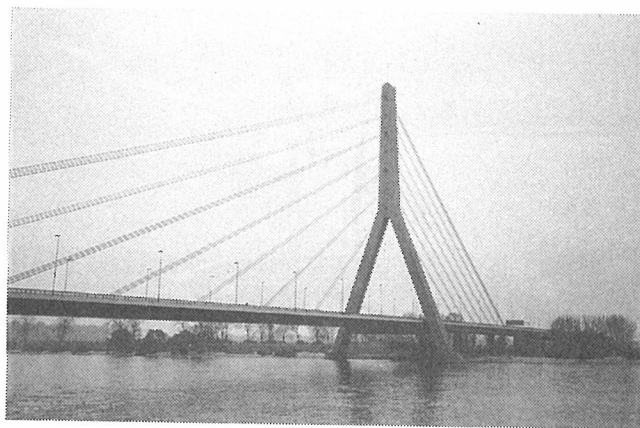


写真-1.9 Düsseldorf-Flehe 橋

わが国でも豊里大橋 (216m), 荒川大橋 (160m), 末広大橋 (250m) 水郷大橋 (179m), 合掌大橋 (144m) などが架設されているが、この時期のわが国の斜張橋に見られる特徴として、ケーブルに平行線ケーブルの一種である PWS を使用したことが挙げられる。PWS は従来のロックドコイルロープあるいはスパイラルロープに比べて引張強度・ヤング係数がともに高いという利点があり、以後わが国の斜張橋に広く普及するようになる。

1.1.5 現代の斜張橋 (1980年代)

Strömsund 橋が架けられて以来、斜張橋は主にヨーロッパ諸国において発展してきたが、その中心であった西ドイツ国内では、1979年末に完成した Düsseldorf-Flehe 橋のあと特記すべき斜張橋は架設されていない。しかしながら、中・長支間橋梁として不動の地位を確立した斜張橋は世界各地で建設されるようになり、その規模もますます長大化して、適用範囲は従来吊橋の領域と考えられていた範囲にまで及んで来ている。特にわが国では、1982年の大和川橋梁 (355m) をはじめとして、名港西大橋 (405m)、櫃石島橋・岩黒島橋 (いずれも420m)、安治川橋梁 (350m)、横浜ベイブリッジ (460m) が相ついで完成し、現在も東神戸大橋 (485m)、生口橋 (490m)、鶴見航路橋 (510m) などが工事中である。海外においても、1981年のスウェーデンの Tjörn 橋 (366m)、ユーゴスラビアの Sloboda 橋 (351m)、アメリカの Luling 橋 (373m、写真-1.11)、韓国の珍島橋 (344m)、カナダの Alex Fraser 橋 (465m、写真-1.12) タイの Rama IX 橋 (450m、写真-1.13) などの長大斜張橋が完成し、さらにインドでは Second Hooghly 橋 (457m) が工事中である。



写真-1.11 Luling 橋

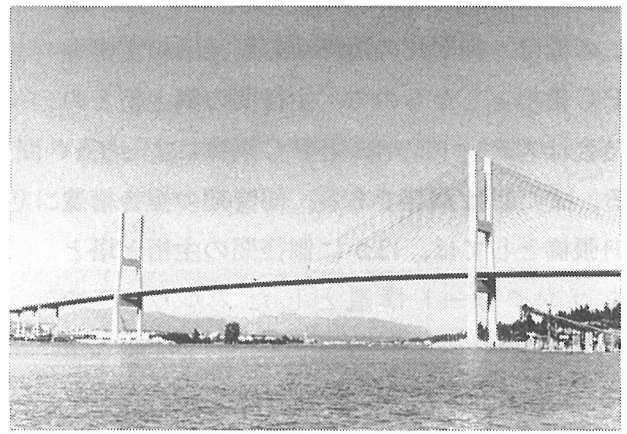


写真-1.12 Alex Fraser 橋
(P. Taylor 博士提供)

これらの長大斜張橋の特徴として、その大多数がマルチケーブル形式であることおよび平行線ケーブルを使用していることが挙げられる。

1967年に西ドイツの Friedrich-Ebert 橋で初めて採用されたマルチケーブル形式は、現代の長大斜張橋時代になってその真価が十分に発揮されるようになって来た。しかし、マルチケーブル形式を採用することにより生

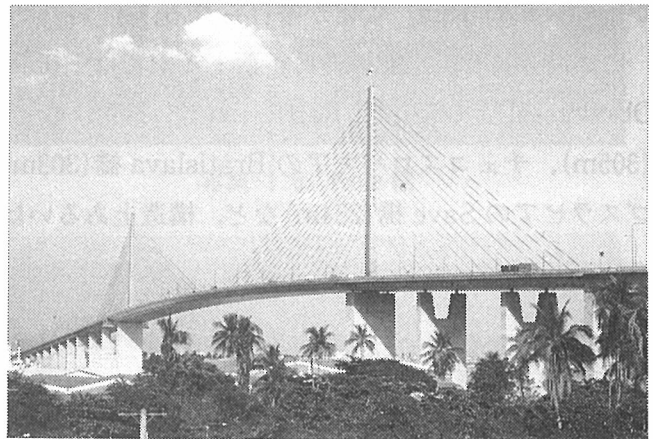


写真-1.13 Rama IX 橋

じる問題点もある。その中でも特に重要なことは風による振動問題であろう。マルチケーブル形式とすることによりケーブルは各段とも1本のストランドで構成が可能となるが、そのためケーブルの剛性が小さくなり、渦励振やギャロッピングが生じやすくなる。この問題に対しては、ケーブル相互をロープで連結したり、ケーブルに直接ダンパーを取り付けるなどの方法により対処している例が多い。

また1970年代にわが国の斜張橋で採用されたPWSは、引張強度・ヤング係数など機械的性質に優

れている反面、防食処理が高価となり、その現地作業が非常に煩雑となるなどの欠点があり、わが国以外では西ドイツの Kurt-Schumacher 橋に用いられていたのみであった。一方、PC鋼線を平行に束ねてポリエチレン管に挿入し、現地でグラウトするタイプの平行線ケーブルが1978年に Zárate-Brazo Largo 橋で使用されたのを皮切りに、マルチケーブル形式斜張橋の増加とあいまって広く普及するようになった。このタイプのケーブルは、上に述べた PWS の欠点を改良したものであるが、防食処理が現地作業となることは PWS と変わらない。これに対し、架設現地で全く防食処理を行わなくてもすむように、工場で垂鉛メッキ鋼線を束ねてポリエチレン被覆した、いわゆるノングラウトタイプの平行線ケーブルも開発され、すでに一部の斜張橋に使用され始めている。

現代の斜張橋のもう一つの特徴は複合構造の利用ということであるが、その内容はさらに多様化してきている。すなわち主桁を複合構造とする場合、Kurt-Schumacher 橋や Düsseldorf-Flehe 橋のように、これまではその側径間をコンクリート構造、主径間を鋼構造としたものが多く見られた。現在工事中の生口橋にもこの構造形式が採用されているが、最近になって普及しているものに、ケーブルを2面吊りのマルチケーブル形式とし、鋼製の桁とコンクリート床版とを合成した主桁を有する複合斜張橋がある。カナダの Alex Fraser 橋、アメリカの Quincy 橋(274m)、Weirton-Steubenville 橋(250m)などがその例として挙げられるが、これらの橋は主桁の曲げ剛性を極力小さくする思想で設計されており、斜張橋のもつ構造特性を十分に反映したものである。

現代の複合構造斜張橋としては、これらのほかに塔のみをコンクリート構造としたデンマークの Farø 橋(290m)、中国(台北)の重陽大橋(200m)、わが国の高梨大橋(100m)、秩父橋(152m)、十勝中央大橋(250m)などがある。

1.1.6 今後の展望

鋼斜張橋について、その最大支間長を竣工年毎にプロットすると図-1.5のとおりである。

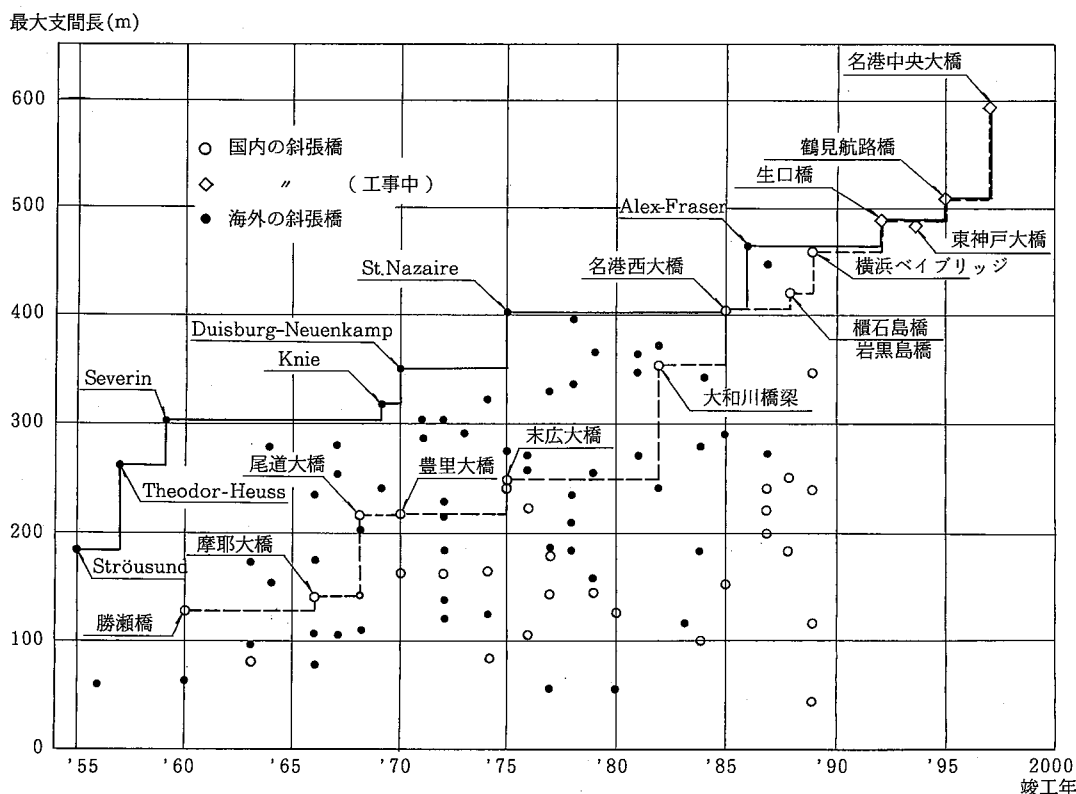


図-1.5 鋼斜張橋支間長の変遷

このように、現在では500m級の支間を有する斜張橋が現実のものとなっているが、その施工可能な最大支間長がどの程度に及ぶか、ということに大きな関心が持たれている。このような議論はすでに1970年代から行われており、その中には Leonhardt によるイタリアの Messina 海峡横断橋案⁷⁾(支間長 2000m) や、Homberg がトルコの Second Bosphoras 橋に提案した斜張橋⁶⁾(支間長1100m) など詳細に検討が行われたものもある。また、Gimsing は経済性を考慮して設計上可能な支間長の検討を行っており、斜張橋はたとえ超長大支間であっても、アースアンカー式構造とすることにより十分吊橋と対抗できるとしている⁸⁾。

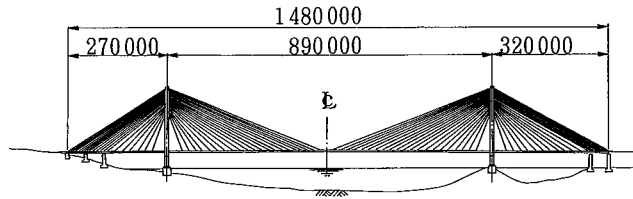


図-1.6 多々羅大橋

さらに現在長大支間斜張橋として計画されているものにフランスの Normandy 橋(856m)、カナダの Burrard 入江橋(762m)、わが国の多々羅大橋(890m、図-1.6)などがある。こうした動きを見ると、最大支間長が1000mを越える斜張橋が実際に架設されるのもそう遠い将来のことではないようにも思われる。

しかし、斜張橋はここ30年ほどの間に急激に発展・普及してきたものであるため、まだ本格的な風や地震などの自然外力の試練を受けておらず、耐風・耐震に関する実橋データの収集や構造特性の把握・技術開発などはこれからの課題である。またケーブルについても耐疲労性・防食処理方法・耐風安定性などの検討課題が残されている。今後、こうした技術的課題を一つ一つ克服しながら、経済性を有し、景観に優れた斜張橋が数多く架けられていくものと期待される。

1.2 斜張橋の種類

斜張橋は主桁・塔・ケーブルで構成される極めて自由度の高い橋梁形式である。そのため、今日まで世界各地で建設された数多くの斜張橋の構造形式は実に多種多様なものとなっている。これらを系統だてて理解する手段として、ここでは斜張橋を主桁・塔・ケーブルの各構造要素、使用材料および用途によって分類することとする。

1.2.1 構造要素による分類^{1,3)}

(1) ケーブルの配置

ケーブルの張り方として、まず橋軸方向にみて分類すると、図-1.7に示すように1平面内に張る形式と2平面に分けて張る形式とがある。1面ケーブル形式の場合は外観が良いこと、車両走行時に解放感があること、橋脚の幅が狭くてすむことなどの利点があるが、中央分離帯を設けること、ねじり剛性の大きな箱断面主桁を用いることなどが前提条件となる。一方、2面ケーブル形式の場合は、主桁の両側に定着されたケーブルによってねじり変形に抵抗できるため、必ずしも箱断面主桁を用いる必要はない。しかし、ケーブル定着の関係から主桁の腹板

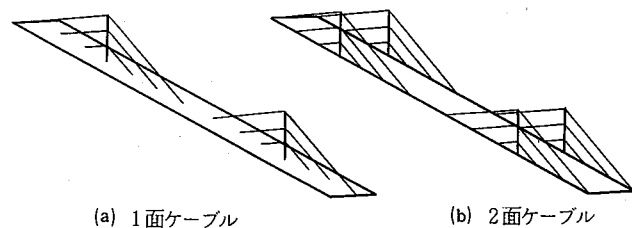


図-1.7 ケーブルの面数

をできるだけ外側に設けることが必要となり、そのため橋脚の幅が大きくなることや、2面のケーブルが錯綜して見えるため景観上やや劣るといった不利な点もある。長支間斜張橋では2面ケーブル形式とするのが一般であり、支間長が400mを越える1面ケーブル形式のものは Rama IX 橋と鶴見航路橋のみである。

つぎに、橋梁の側面から見てケーブルの張り方を分類すると図-1.8のようになる。その張り方の基本は、塔頂の橋軸方向の変形を抑えて橋体の剛性を確保するために、側径間のケーブルのうち少なくとも1本を主桁の端支点付近に定着することである。

図-1.8の各形式のうち放射形式あるいはファン形式は、ハープ形式に比べてたわみ剛性が大きいこと、塔の曲げモーメントが小さくなることなどの利点があるため広く用いられている。ハープ形式は、2面ケーブル形式としても外観が良いという利点を有するほか、主桁の橋軸方向移動に対し拘束度が強いという特性がある。ハープ形式斜張橋の例としては Theodor-Heuss 橋、Rees-Kalkar 橋、Knie 橋、大和川橋梁、東神戸大橋などがある。

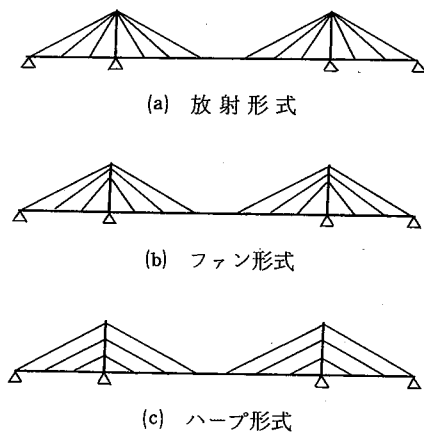


図-1.8 ケーブルの側面形状

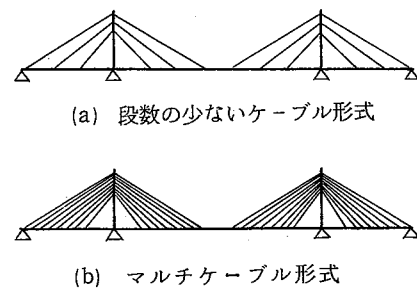


図-1.9 ケーブルの段数

最後に、ケーブル段数により分類すると図-1.9のようになる。初期の斜張橋には外観上シンプルなケーブル段数の少ない形式が多い。これに対し最近ではマルチケーブル形式が多くなってきている。この形式の利点はケーブル1本あたりの張力が小さいことにある。逆に言えば、各ケーブルがロックドコイルロープ1本あるいは平行線ケーブル1ストランドですむ程度に段数を増やしたのがこの形式である。この場合、ケーブルの定着構造がきわめて簡単になること、仮ケーブルを用いずに張出し架設が可能となること、完成後のケーブルの補修や取り替えも容易に出来ることなどの利点がある。反面、ケーブル1本当りの剛性が小さいことによるケーブルの耐風安定性の問題や、架設に際しての張力管理などに注意が必要である。

(2) 主桁の断面形状

斜張橋に用いられている主桁の断面形状を、ケーブルの面数に対応させて分類すると図-1.10のようになる。図中の箱断面はすべて四角形で示したが、実際には耐風安定性を考慮して逆台形の箱断面を用いたり、箱断面の両側にフェアリングなどを設ける例もある。また張出し部についてはブラケットを方杖で支えたものも多くみられる。

1面ケーブル形式の場合は、図中(a)~(c)に示すように、ねじり剛性の高い箱桁形式の主桁を用いることが前提である。これらのうち、通常は経済性を考えて張出し部を有する(a)の形式が用いられるこ

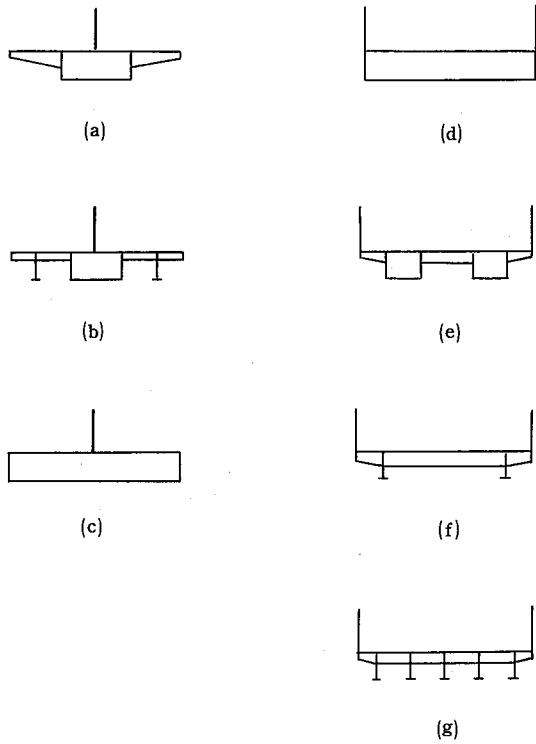


図-1.10 主桁の断面形状

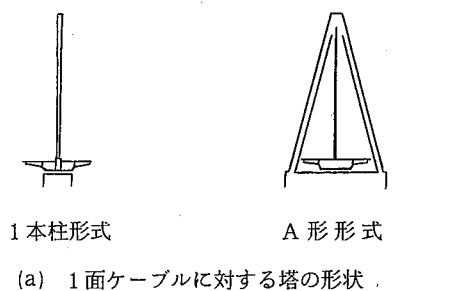
じり変形を抑制することができるので、1面ケーブル形式の場合のように主桁に大きなねじり剛性を与えることは必ずしも必要ではない。したがって主桁の断面形状選択の自由度は高くなるが、通常は(e)または(f)の2主桁形式が採用されることが多い。(e)の形式は主桁に箱断面を用いたもので、Theodor-Heuss 橋から最近の生口橋まで実施例は最も多い。(f)は主桁にI形断面を用いたもので、Strömsund 橋をはじめ、尾道大橋、Rees-Kalkar 橋、Knie 橋、Kessock 橋などが実施例として挙げられるが、最近では合成2主桁構造を用いた Alex Fraser 橋、Quincy 橋、Weirton-Steubenville 橋なども見られる。このほか(d)のように主桁を1箱桁としたものに石狩河口橋、St. Nazaire 橋、名港西大橋、安治川橋梁などがあり、耐風安定性の向上を目的としているものが多い。(g)に示すI形断面多主桁構造は、現在のところ Sacramento River 橋と Steyregger 橋に見られるのみである。

以上はいずれも主桁を充復桁形式としたものであるが、このほかに主桁をトラス構造としたものもある。Batman 橋では耐風安定性のため、六甲大橋、櫃石島橋、岩黒島橋、横浜ベイブリッジ、東神戸大橋ではダブルデッキ構造にするため、いずれもトラス構造が用いられている。

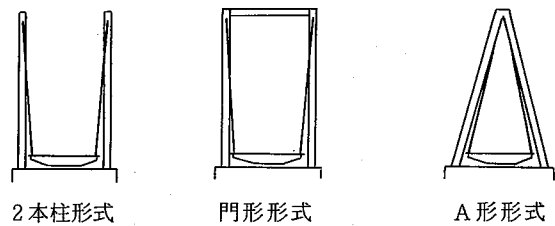
(3) 塔の形状

とが多い。実施例としては、Leverkusen 橋をはじめ、Friedrich-Ebert 橋、Duisburg-Neuenkamp 橋、大和川橋梁、Rama IX 橋などがある。(b)の形式は、箱桁とI桁が組み合わされたものであるが、実施例は Norderelbe 橋と荒川大橋のみである。荒川大橋では耐風安定性を良くするため、箱桁とI桁との間を閉塞して外見上は1箱桁としている。また(c)の形式は Farø 橋のみに見られるもので、美観や耐風安定性を考慮して採用されている。なお、1面ケーブル形式にもかかわらず、主桁をI形断面の多主桁構造とした特殊な例として、オランダの Galecopper 橋がある。

2面ケーブル形式の場合、主桁断面は一般に図中(d)~(g)に示すものが適用される。2面ケーブル形式では、ケーブル自体で主桁のね



(a) 1面ケーブルに対する塔の形状



(b) 2面ケーブルに対する塔の形状

図-1.11 塔の形状

塔の形状はケーブルの張り方に応じて図-1.11に示すように分類できる。

1面ケーブル形式の場合には、塔は1本柱形式かA形(逆V形・逆Y形を含む)形式が適用される。1本柱形式では中央分離帯幅が大きくなり、橋面積が増える欠点があるが橋脚の幅は小さくてすむ。A形形式はこの逆である。A形形式を用いる場合、中央の鉛直ケーブル面が塔の三角形の形状を分割するため走行者に不安定な印象を与えるという意見もある⁷⁾。施工実績は1本柱形式の方が多い。A形形式には豊里大橋、Speyer橋、Düsseldorf-Flehe橋、Farø橋などの例がある。

2面ケーブル形式の場合、塔には2本柱形式、門形(H形を含む)形式あるいはA形形式が適用される。2本柱形式は外観構造がシンプルで橋面上には解放感があるが、適用例は比較的少ない。実施例としてTheodor-Heuss橋、Rees-Kalkar橋、Knie橋、Kessock橋、新大橋などがある。2本柱を横梁で結んだのが門形形式で、2本柱形式に対して座屈安定度を増し、橋軸直角方向の剛性を大きくすることを目的としている。例としてはStrömsund橋、尾道大橋、Luling橋、Alex Fraser橋、横浜ベイブリッジなどがある。またA形形式を用いると主桁のねじり変形を小さくすることができ、耐風安定性の向上を図れる利点がある。この形式を最初に採用したのはSeverin橋で、そのほかの実施例としてKöhlbrand橋、St.Nazaire橋、名港西大橋、安治川橋梁、生口橋などがある。

1.2.2 材料と用途による分類

(1) 材料による分類

斜張橋をその構成材料によって分類すると図-1.12のようになる。

斜張橋においては、初期には全体を鋼構造とするのが主であったが、その後ケーブルを除く主構造にコンクリートを使用したものも見られるようになってきている。斜張橋を鋼構造とするかコンクリート構造とするかは、その用途・自然条件・経済性・外観など様々な要件によって左右されると思われるが、構造形式が多様化する中で鋼とコンクリートのそれぞれの材料特性を十分に考慮し、力学的にも経済性の面でも優れた形式を選択するようにしなければならない。

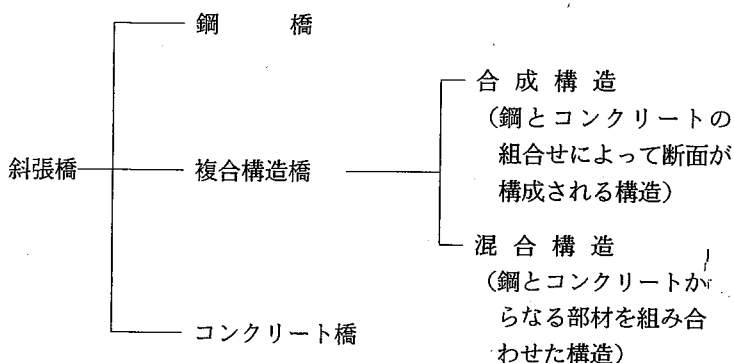


図-1.12 材料による分類

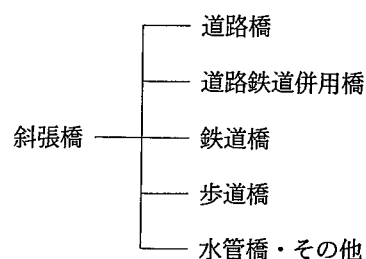


図-1.13 用途による分類

(2) 用途による分類

斜張橋をその用途から分類すると図-1.13のようになる。

道路鉄道併用橋は、海外にはOberkassel橋、Zárate-Brazo Largo橋など数橋あるが、いずれも路面電車などの小規模鉄道用であり、高速列車を走行させる本格的な併用橋は1988年に完成した櫃石島橋、岩黒島橋が最初のものである。

鉄道専用橋は併用橋よりもさらに少なく、鋼橋としては現在のところNorth Romain橋、Neckar

橋, Save 橋の3橋のみである。このうち North Romain 橋は2径間連続トラス橋をケーブルで補強した小規模なものであり, また Neckar 橋はケーブルの代りにH断面の溶接部材を使った支間長 77m の小さなもので, 本格的な鉄道橋は Save 橋1橋だけである。このように斜張橋に鉄道橋が少ない理由としては, 同規模の他形式の橋梁に比べて剛性が低いため主桁のたわみや桁端の折れ角が大きくなることや, 道路橋に比べて活荷重の割合が高いためケーブルの耐疲労性が問題となることなどが挙げられる。

一方, 斜張橋のもつ景観的効果を活用して歩道橋に適用した例は数多く, わが国のみでも50橋を越す実績がある。斜張橋形式の歩道橋はケーブルの張り方や塔の形状などに工夫を凝らして独創性に富んだシンボリックな構造物とすることにより, 特に公園や遊園地などにおける空間の雰囲気づくりに役立つものである。このような形での歩道橋は今後とも増加するものと思われる。

その他の用途として斜張橋が水管橋などに利用される場合がある。

参考文献

- 1) 土木学会鋼構造委員会：斜張橋資料集成, '76.2
- 2) K. Roik, G. Albrecht, U. Weyer : Schrägseilbrücken, Ernst & Sohn, '86
- 3) 小西編：鋼橋設計編II, 丸善, '76
- 4) W. Podolny, Jr., J.B. Scalzi : Construction and Design of Cable-Stayed Bridges, John Wiley & Sons, '86
- 5) R. Walther, B. Houriet, W. Isler & P. Moia : Cable Stayed Bridges, Thomas Telford, London, '88
- 6) 成瀬：斜張橋の沿革と変遷, 橋梁と基礎, '85.8
- 7) F. Leonhardt, 訳・成井：橋梁設計の発展, 土木施工, '87.9
- 8) N.J. Gimsing, 訳・大塚：超長支間の斜張橋, 橋梁と基礎, '89.6