

PC 吊構造の歴史

熊谷 紳一郎*

1. はじめに

プレストレストコンクリート（PC）吊構造は、ケーブルによって支えられたコンクリート構造であり、吊形式 PC 橋や吊屋根などが建設されている。吊構造の基本形には、力学的原理の異なる直線ケーブルと放物線ケーブルがある。吊形式 PC 橋には、直線ケーブルからなる斜張橋、放物線ケーブルからなる吊橋、吊床版橋、張弦桁橋、およびこれらから発展した形式がある。吊屋根には、直線ケーブルや放物線ケーブルを用いたものが建設されている。

本稿では、わが国における PC 吊構造、とくに吊形式 PC 橋の幅広い展開の歴史を中心に概要を述べる。

2. 斜張橋とその発展形式

2.1 PC 斜張橋

PC 斜張橋は、PC 主桁をコンクリート主塔などから張り渡した斜張ケーブルで吊り上げた形式の橋である。軸方向圧縮力の卓越する主桁と主塔に圧縮に強いコンクリート、軸方向引張力の卓越する斜張ケーブルに引張に強い PC 鋼材を用いることにより、軽量化あるいは長大化を可能とする合理的な構造を実現していることが特徴である。

PC 斜張橋の構造形式には、単径間形式、2 径間連続形式、3 径間連続形式、多径間連続形式があり、これらの構造形式に橋脚上における主桁の支持形式、斜張ケーブル配置形式、主塔形状などが組み合わせられて、多様なタイプに発展してきている。

斜張ケーブルの配置形式は、どのような幅員の道路にも適用が容易な二面吊形式の事例が多く、H 形、A 形、独立二本柱形などの主塔がよく採用されている。一面吊形式の斜張橋には、一本柱形や逆 Y 形の主塔が適用可能であるが、寒冷地では積雪および除雪対策が考慮され、一本柱形の主塔がよく採用されている。

主桁は、ねじり剛性確保と耐風安定性向上のために箱桁としている事例が多いが、開断面構造とした斜張橋も建設

されている。

斜張ケーブルには、現場製作ケーブルや工場製作ケーブルが採用されているが、PC 鋼材をコンクリートで包み込んで斜材としたタイプもある。

斜張橋の原型は、古い時代の橋梁の中に見出すことができるが、近代的な斜張橋としては 1956 年スウェーデンで建設された支間 182.6 m の鋼斜張橋 Strömsund 橋が最初であるといわれている。

一方、PC 斜張橋は、海外では 1926 年にスペインで初めて支間 60.4 m の Tempul Aqueduct が建設され、その歴史が始まった。わが国では 1969 年に大阪万国博覧会の会場内に支間 37.8 m の東ゲート橋が新設の PC 斜張橋として初めて建設された（写真 - 1）。

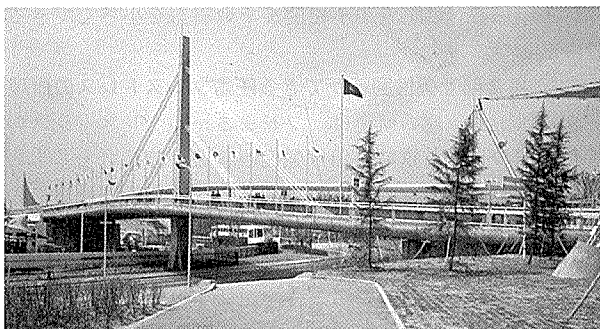


写真 - 1 万博東ゲート橋

1960～70年代は、おおむね小規模な歩道橋としての PC 斜張橋の建設にとどまっていたが、1979年に岩手県に支間 85 m の小本川橋梁が、斜張ケーブルをコンクリート斜材とした鉄道橋として建設された（写真 - 2）。

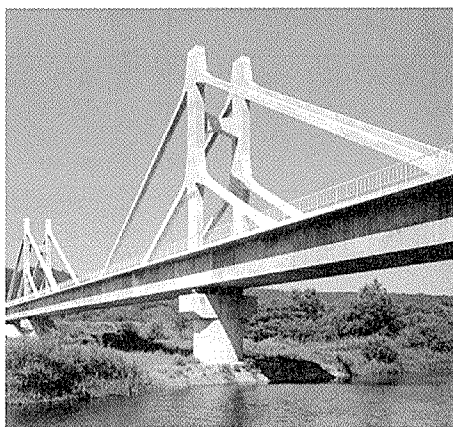


写真 - 2 小本川橋梁



* Shinichiro KUMAGAI

本協会副会長 三井住友建設(株)
常務執行役員 土木管理本部長

1980年代に入ると1982年に本格的な道路橋として初めてのPC斜張橋である支間52.5mの錦岡3号橋が北海道に建設された。1988年に京都府に支間110mの新綾部大橋が建設され、PC斜張橋は初めて支間100mを超えた。

続いて1989年には佐賀県に支間250mの呼子大橋が建設され（写真-3）、一気に支間200mを突破した。

1990年代になると、PC斜張橋の建設が急増するとともに、新綾部大橋や呼子大橋の建設が契機となり、大規模なPC斜張橋が多く建設されるようになった。1991年静岡県に高速道路として初めてのPC斜張橋である支間185mの東名足柄橋が建設され、長大PC斜張橋に向けた架橋技術が確立した（写真-4）。PC斜張橋の建設は1993年にピークを迎えたが、1990年代後半からは支間200m以上の長大斜張橋の比率が高まっている。現在、わが国最大のPC斜張橋は、福岡県で建設が進む支間261mの矢部川橋である（写真-5）。

鉄道橋としてのPC斜張橋は、コンクリート斜材ではない通常の斜張ケーブルを有するタイプにも適用されており、1996年に長野県で支間133.9mの第二千曲川橋梁が建設された（写真-6）。

これまでにわが国で建設されたPC斜張橋の数は120橋を超えている。

海外のPC斜張橋としては、1983年スペインに建設された支間440mのFernandez Casado橋が長い間世界最長支間を誇っていたが、1991年ノルウェーに建設された支間530mのSkarnsundet橋にその座を譲った。1990年代の後半からは中国で長大PC斜張橋が多く建設されるようになり、現在、世界第2位の荆沙長江大橋（支間500m、2002年）から第6位までを中国の斜張橋が占めている。

2.2 複合斜張橋

複合斜張橋には、異種材料の構造要素を組み合わせる一つの構造システムとする混合斜張橋、および部材断面が異種材料の組み合わせによる合成斜張橋がある。とくにPC斜張橋の主桁を鋼製とし軽量化した複合（混合）斜張橋は、PC斜張橋よりさらに長大化に有利という特徴を有している。

中央径間の主桁に鋼、側径間の主桁にコンクリートを用いた複合斜張橋として、1991年に支間490mの生口橋（写真-7）、1999年に支間890mの多々羅大橋が建設され、世界最大の複合斜張橋となった。

主桁ウェブに波形鋼板を適用した複合斜張橋として、2005年愛知県に支間235mの矢作川橋が建設されている。

海外では1994年フランスに建設された支間856mのNormandie橋が最大であったが、2008年中国に建設された支間1088mの蘇通長江大橋が第1位の座についている。

2.3 エクストラードズドPC橋

エクストラードズドPC橋は、高さの低い主塔から張り渡したケーブルでPC主桁を支持した形式の橋である。1988年にフランスのJ. MathivatがExtradosed prestress bridgeとして提案した橋梁形式であり、わが国ではこれまでに50橋以上の実績がある。

エクストラードズドPC橋の歴史は1994年神奈川県に世

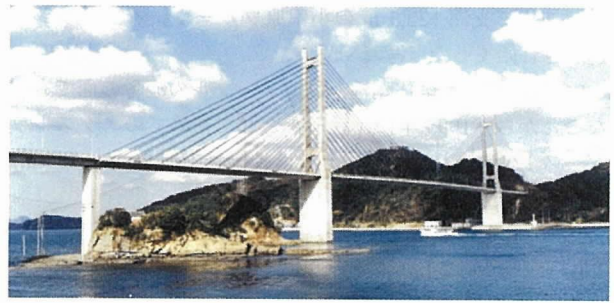


写真-3 呼子大橋



写真-4 東名足柄橋



写真-5 矢部川橋

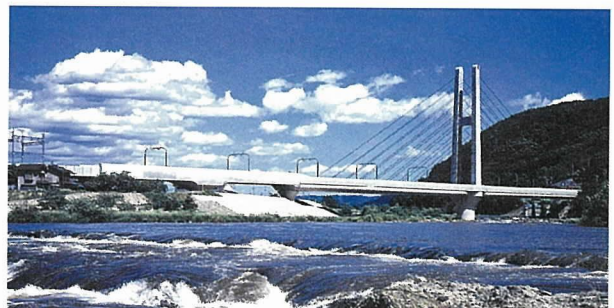


写真-6 第二千曲川橋梁

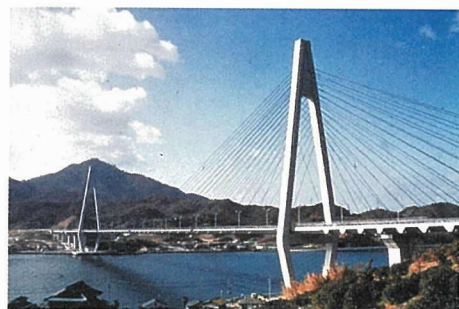


写真-7 生口橋

界で初めて支間 122.3 m の小田原ブルーウェイブリッジが建設され始めた（写真 - 8）。

PC 斜張橋より全体剛性が高くケーブルの疲労の面で有利なことから、1995 年には鉄道橋として初めてのエクストラードロード PC 橋として屋代北・南橋梁（支間 90 m, 105 m）が長野県に建設された（写真 - 9）。

1990 年代はまだ PC 斜張橋の建設が優位であったが、2000 年代に入るとエクストラードロード PC 橋は PC 斜張橋に取って代わって多く建設されるようになった。

エクストラードロード PC 橋は、斜張橋と桁橋の中間的な構造特性を有していることから、当初その適用支間は斜張橋より短いと考えられていたが、2000 年代に入ってから 2001 年に支間 275 m, 271.5 m の木曾川橋・揖斐川橋が主桁の一部を鋼製とした複合エクストラードロード PC 橋として建設され（写真 - 10）、わが国最大の PC 斜張橋であった支間 260 m の伊唐大橋（1996 年）を超えた。

鉄道橋として最大のエクストラードロード PC 橋は、2008 年青森県に建設された支間 150 m の三内丸山架道橋である。

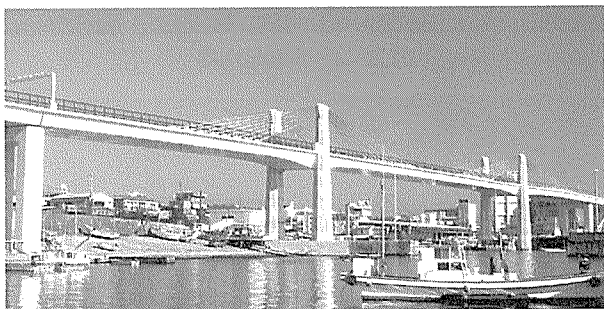


写真 - 8 小田原ブルーウェイブリッジ



写真 - 9 屋代北・南橋梁

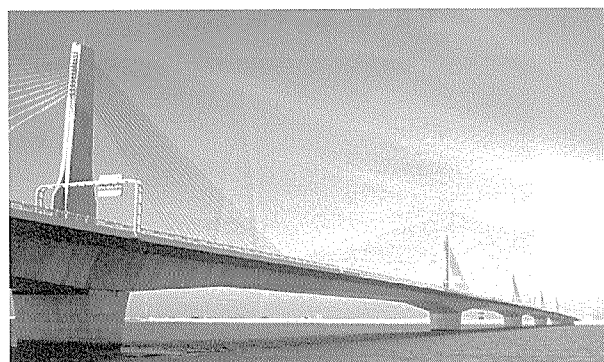


写真 - 10 木曾川橋・揖斐川橋

エクストラードロード PC 橋の主桁は、設計に対する制約条件が少ないため、PC 箱桁以外も適用されている。

主桁を下路桁としたエクストラードロード PC 鉄道橋として、支間 58.4m の新川架道橋が 1999 年に北海道で建設された。2003 年には、波形鋼板ウェブ箱桁を有する初めてのエクストラードロード PC 橋として支間 180 m の日見夢大橋が長崎県に建設された（写真 - 11）。

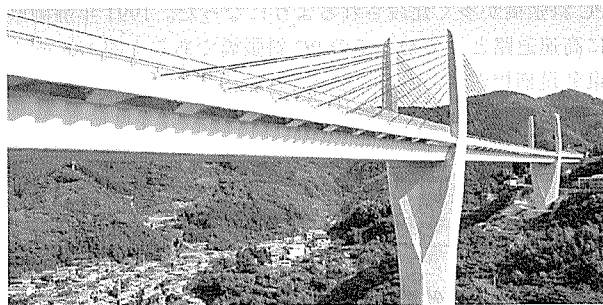


写真 - 11 日見夢大橋

なお最近では、フランス、スペイン、クロアチア、ハンガリー、アメリカ、カナダ、インドなどでも建設されている。

2.4 PC 斜版橋

PC 斜版橋は、PC 斜張橋あるいはエクストラードロード PC 橋における複数の斜張ケーブルをコンクリートで包み込んでパネル状の斜版とした形式の橋であり、全体剛性が高く、活荷重によりケーブルに生じる変動応力が小さいという特徴から、鉄道橋に多く採用されている。構造特性が、吊構造というよりもトラス構造に近いような斜版橋もある。

1996 年宮城県に、鉄道橋として世界で初めての斜版橋である支間 108.2 m の名取川橋梁が建設された（写真 - 12）。また、新幹線の橋梁として初めての斜版橋として、支間 96 m の九州新幹線川内川橋梁が鹿児島県に建設され、現在、群馬県で支間 167 m の第二吾妻川橋梁が建設中である。

海外では、1981 年スイスに建設された支間 174 m のガンター橋やアメリカのバートンクリーク橋などがある。

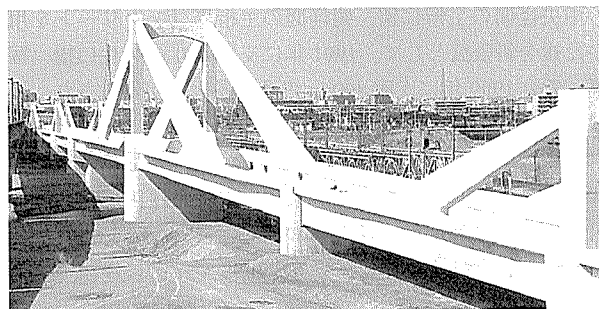


写真 - 12 名取川橋梁

3. 吊床版橋とその発展形式

3.1 PC 吊床版橋

PC 吊床版橋は、橋台や橋脚の間に張り渡したケーブル（PC 鋼材）を、薄いコンクリートで包み込んで床版とした

形式の橋であり、吊床版の水平張力を地盤に定着させることで、その構造が成立している。張り渡した吊床版の上を、直接人や車が通れるようにした吊床版橋が直路式吊床版橋であり、吊床版の上にストラットを介して路面となる上床版を載せた曲弦構造の橋が上路式吊床版橋である。

吊床版橋は、基本的にはケーブル構造（吊構造）の橋といえるが、ケーブルを包むコンクリート床版が構造系に伸び剛性、曲げ剛性、ねじり剛性を与えている点が、一般のケーブル構造とは異なっている。

また、コンクリート床版はケーブルに対する防錆の役割も担っている。この形式の橋は、部材が軽く、支保工、ケーブルクレーン、大型の重機などを使用せずに急速施工できるため、施工条件の悪い渓谷などでも比較的容易に建設が可能で、経済性に優れるなどの特徴を有している。

吊床版橋の原型は、他の吊形式橋梁と同様に古い時代の橋梁の中に見出すことができるが、確立された理論に基づく吊床版橋は、Dyckerhoff & Widmann AG（ドイツ、以下Dywidag社と略す）のU.Finsterwalderによって考案され、1958年にボスポラス海峡架橋計画に初めて提案された。提案された吊床版橋は、中央支間408 mを有する橋長1 200 mの直路式3径間連続構造であった（図-1）。

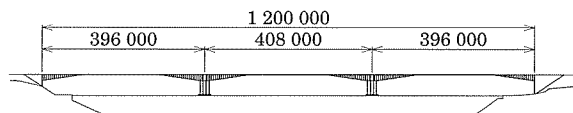


図-1 ボスポラス海峡架橋計画

わが国においても鳴門海峡架橋計画にDywidag社が、橋長1 774 m、中央支間610 mの直路式吊床版橋を提案した。また、計画中だった天草1号橋（現在の天門橋）を研究対象とする吊床版橋研究グループが発足し、1963年にその研究成果が発表された。提案された天草1号橋の吊床版橋案は、中央支間360 mの直路式3径間連続構造であった。

(1) 直路式吊床版橋

吊床版橋の歴史は長大橋の計画案として始まったが、1964年にスイスのセメント工場におけるベルトコンベア用として建設された支間216 mの直路式であるHolderbank Wildeck橋で初めて現実のものとなった。歩道橋としては、1967年に同じくスイスで建設されたPfäffikon橋が最初である。

直路式吊床版橋は、海外では1979年にチェコで支間63 mの歩道橋が建設されているほか、多くの建設事例がある。アメリカでも支間127.41 mの歩道橋の実績がある。

わが国における直路式吊床版橋は、1969年大阪万国博覧会の会場内に支間27 mの9号橋、1984年には宮崎県のキャンプ場に2径間連続構造の双龍橋が建設された。わが国では1969年からの15年間にこの2橋しか建設されなかったが、現在では80橋以上建設されている。

直路式吊床版橋は1987年愛媛県に支間63 mのひぐらし橋が建設されたことが契機となって、90年代に急速に実績が増加し、長支間の吊床版橋も多数建設されるようになって

た。1989年熊本県に建設された支間105 mの梅の木轟公園吊橋によって吊床版橋は初めて支間100 mを超えた。

わが国最大の吊床版橋は、1996年広島県に建設された支間147.6 mの夢吊橋である（写真-13）。

また、1991年三重県に建設された支間75 mの亀甲橋は、他に類例を見ない三方向分岐吊床版橋である（写真-14）。

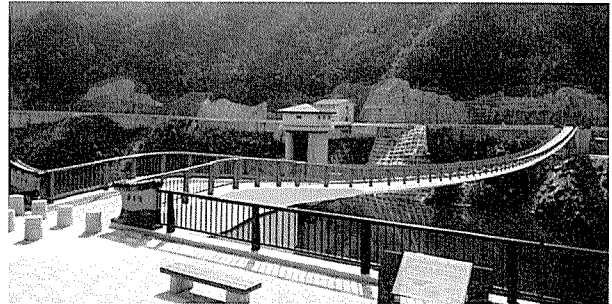


写真-13 夢吊橋

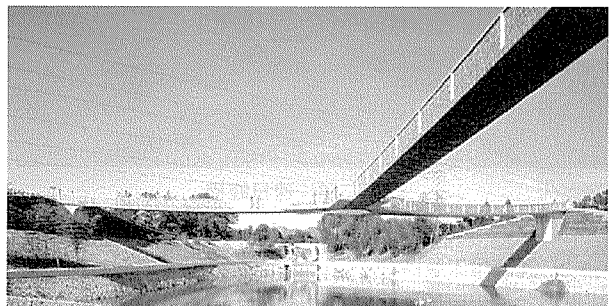


写真-14 亀甲橋

(2) 上路式吊床版橋

上路式吊床版橋は、直路式吊床版橋の特徴に加えて、鉛直材の長さを調整することにより縦断線形を自由に設定できること、サグを大きくとれるので水平張力を抑えられることなどの特徴を有している。とくに、直路式に比べて、路面の縦断線形を水平にすることが可能なため、道路橋としての線形に関わる制約条件にも容易に対応できること、歩道橋の場合はユニバーサルデザインに対応可能なことなどの優位性を有している。

上路式吊床版橋は、自旋式吊床版トラス橋、張弦桁橋、張弦トラス橋、二重張弦桁橋など、曲線状の引張部材で桁を下方から支持する曲弦形式PC橋の基本形である。

海外の実績としては1971年にノルウェーで支間85 mのKollstrømmen橋、1972年にコスタリカで支間124 mのRio Colorado橋（写真-15）が、それぞれ道路橋として建設されている。

わが国では、1977年宮崎県に支間48.6 mの速日峰橋（写真-16）が架設されて以来、18年間建設が途絶えていたが、1995年に連続上路式吊床版橋である潮騒橋が完成し、これを契機に急峻な渓谷などで建設されるようになるとともに、この曲弦形式PC橋の発展形としての自旋式吊床版トラス橋などの技術開発に繋がっていった。

道路橋としての上路式吊床版橋には、速日峰橋、湯の花

橋があり、わが国最大の上路式吊床版橋は2001年岐阜県に建設された支間82mの交流橋である。

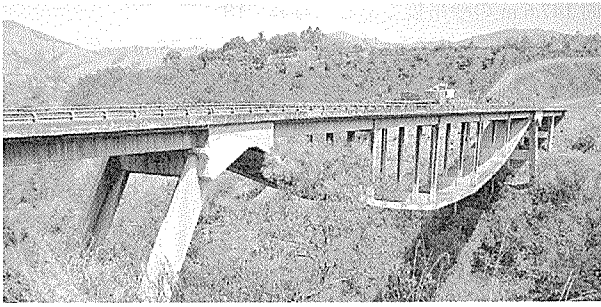


写真 - 15 Rio Colorado 橋

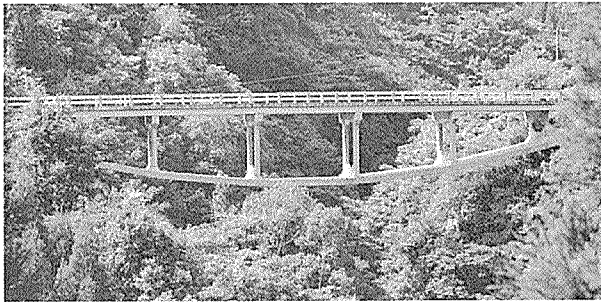


写真 - 16 速日峰橋

(3) 連続吊床版橋

直路式吊床版橋や上路式吊床版橋を橋長の長い橋に適用する場合には、連続構造とし多径間化する必要が生じる。

直路式吊床版橋を連続化した構造は、海外では、1970年にドイツで支間42mの3径間連続構造の歩道橋が初めて建設された。チェコでは、1984年、85年に支間96m、102mの3径間連続構造の歩道橋が続けて建設されている。

わが国では、1984年宮崎県に建設された2径間連続構造の双龍橋を初めとして1991年香川県に建設された3径間連続構造の宇多津歩道橋などの実績がある。

上路式吊床版橋を連続化した構造としては、海外では例がなく、1995年に支間61mの潮騒橋が世界で初めて静岡県に建設された(写真-17)。連続形式の吊構造は、同一支間の単径間形式に比べて全体剛性が低下することから、潮騒橋ではこれを抑制するために上床版端部と橋台を弾性結合する構造を採用している。

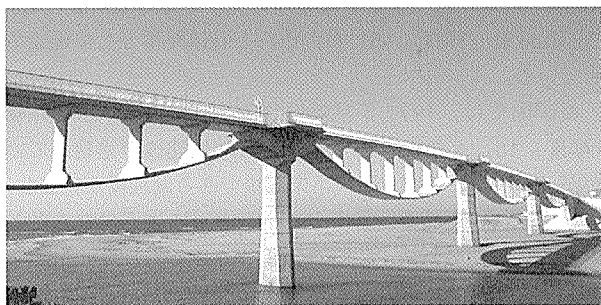


写真 - 17 潮騒橋

3.2 自碇式吊床版トラス橋

自碇式吊床版トラス橋は、吊床版の上にトラス斜材を介して主桁(上床版)を載せ、吊床版の引張力を主桁に取り入れる自碇式曲弦構造の橋である。この形式は、吊床版橋における水平張力の伝達機構に関する課題を自碇構造とすることで解決している。全体構造のねじり剛性は、主桁と吊床版により付与される。架設は上路式吊床版橋と同様に、足場、支保工を用いずに、吊床版を懸垂架設してから上床版を送り出し架設する工法が採用されている。

2001年に支間40mの巖門園地園路橋が、この形式として世界で初めて石川県に建設された(写真-18)。

また、半他碇式のタイプとして、2003年岐阜県に支間90mの道路橋であるのぞみ橋が建設されている。

自碇式吊床版トラス橋における吊床版の断面を最小化したタイプも実用化され、2004年徳島県に支間93.8mの道路橋である青雲橋が建設されている(写真-19)。この橋は、上路式吊床版橋などの曲弦形式PC橋の中で最大支間を誇っている。また、fib最優秀賞をわが国の橋梁として初めて受賞した。

また、このタイプは、主桁の下方にトラス斜材を介してケーブルを張り渡した自碇式曲弦構造の橋である張弦トラス橋におけるケーブルをコンクリート部材で補剛した形式とみることにもできる。



写真 - 18 巖門園地園路橋

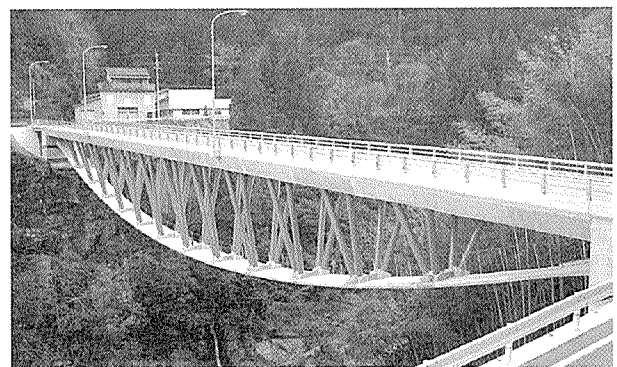


写真 - 19 青雲橋

4. 張弦桁橋とその発展形式

張弦桁橋は、主桁の下方に鉛直材を介してケーブル(ここでは張弦ケーブルという)を張った自碇式曲弦構造の橋

であり、従来から大空間建築の屋根などに採用されてきた張弦梁構造を橋梁に適用した形式である。この形式は、自碇式吊床版橋の吊床版を張弦ケーブルに置き換えた構造であるともいえる。

主桁をコンクリート構造とした張弦桁橋についてみると、海外では、1994年にフランスで支間53mのTruc de la Fare overpass, 1998年にドイツで支間76mのGlacis brücke(写真-20)が建設されている。前者は農道橋、後者は道路橋である。

わが国では、1998年に静岡県で支間40mのあゆみ橋が初めて建設された。この橋の架橋計画では、河川敷から見上げる視点場における印象など、上路式吊床版橋に特有な課題を解決した発展形として張弦桁橋が選定された。

一方、自碇式上路吊橋として1998年に支間39mの東部人道橋が長野県に建設されている(写真-21)。この橋は、ケーブルで下方からコンクリート床版(以下、床版も含めて主桁という)を支持した構造であり、張弦桁橋と同様のタイプの橋と考えられる。わが国で建設されたこれらの橋は、いずれも歩道橋であり道路橋の実績はない。

張弦桁橋あるいは吊床版橋の発展形式に、二重張弦桁橋がある。この形式は、上路式吊床版橋や自碇式吊床版トラス橋の架設時における横方向の安定問題を解決するために技術開発されたもので、一次ケーブルを用いて主桁セグメントを懸垂架設し、張弦ケーブルを架設・緊張した後、自碇構造に変換して完成させる張弦桁橋である。

2006年群馬県に建設された支間57.5mの青春橋が、世界で初めての二重張弦桁橋である(写真-22)。

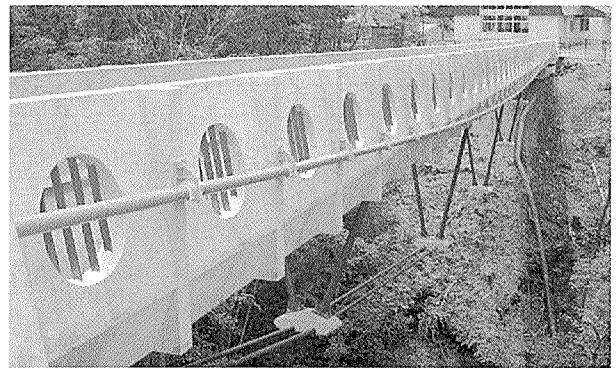


写真-22 青春橋

5. PC 吊 橋

吊橋の原型も斜張橋や吊床版橋と同様に原始的な橋梁の中に見出すことができるが、近代的な吊橋としては1883年ニューヨークEast川に建設された支間486mのBrooklyn橋が初めてといわれている。

一方、PC吊橋は補剛桁をPC構造とした吊橋である。吊橋には、従来から床版をコンクリートとした重橋床吊橋もあるが、この形式はプレートガーダーの補剛桁を有しており、コンクリート床版は主にその自重により構造系に剛性を与える役割を担っていた。これに対して、PC吊橋ではPC床版が補剛桁として設計され、発生する断面力に対してプレストレスで補強されている。

PC吊橋の事例としては、ベルギーに建設された支間56mのMerelbeke橋や、支間100mのMariakerke橋が紹介されている。どちらも自碇式吊橋であり、吊ケーブルの水平張力をコンクリート補剛桁が受ける合理的な構造である。

また、ボスポラス海峡架橋計画には、Dywidag社が他社とともに、一面吊りのPC吊橋を代案設計として提案したものの実現しなかった。

特殊な事例として、ドイツで支間44.75mのEnnepetalの歩道橋が建設されている(図-2)。この橋は、下床版が路面、上床版が屋根となっており、吊ケーブルが上床版に定着された自碇式吊橋である。橋台では、上床版が支承により支持されている。下床版の荷重は、橋体の端部では、テンション・タイで上床版に伝達され、中央部では直接ケーブルに伝達される。上床版の荷重は、支柱でケーブルに伝達される構造である。



写真-20 Glacis brücke

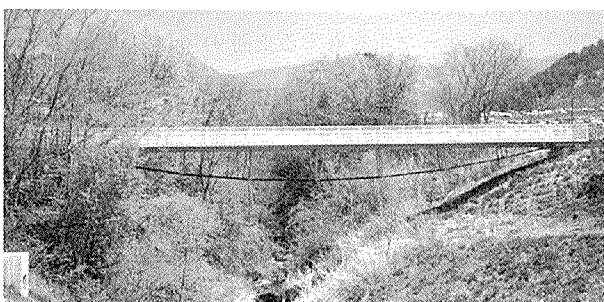


写真-21 東部人道橋

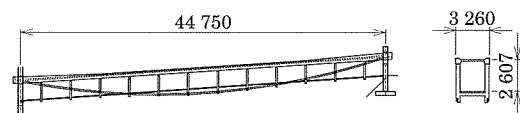


図-2 Ennepetalの歩道橋

これら初期の事例の後、PC吊橋の建設はほとんど報告されてはなかったが、1993年にチェコで支間252mのPC吊橋であるSwiss Bay pedestrian bridgeが建設され注目された(図-3)。この橋は、アーチをなす補剛桁を橋台と弾性結合し、水平張力を合理的に処理する半自碇構造となつて

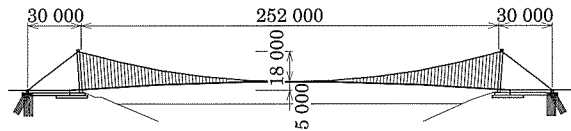


図 - 3 Swiss Bay pedestrian bridge

いる。

現在 1995 年に中国で建設された支間 452 m の汕頭海湾大橋が、世界最大のコンクリート吊橋である。

わが国では、1998 年に栃木県で支間 94.5 m の東雲さくら橋が初めて建設されて以降、これまでに 4 橋の実績がある。わが国最大の PC 吊橋は、2003 年栃木県に建設された支間 97 m の大金吊り橋である (写真 - 23)。



写真 - 23 大金吊り橋

6. 異種の吊構造を複合させたシステム

異種の吊構造を複合させることによって、特殊な条件にも適合でき、設計自由度を拡大する PC 吊構造の複合システムも建設されている。

6.1 吊ケーブル併用吊床版橋

吊ケーブル併用吊床版橋は、直路式吊床版の下方に吊ケーブルを配置した形式の橋で、吊床版取付部の縦断勾配を経済的に抑えることができる。

2001 年福島県に支間 165.5 m の森のわくわく橋が、世界で初めて建設された (写真 - 24)。

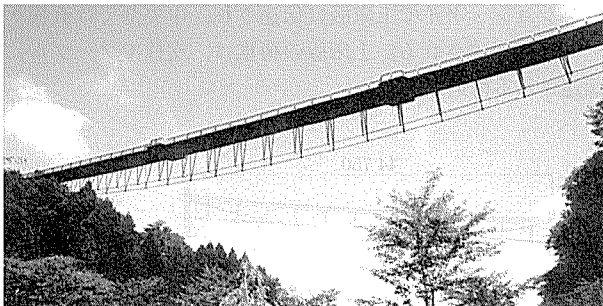


写真 - 24 森のわくわく橋

6.2 斜張定着張弦桁橋

斜張定着張弦桁橋は、斜張橋と張弦桁橋を組み合わせた複合システムで、張弦桁橋の端部を斜張ケーブルで吊り上げた形式である。

鋼橋としては、1990 年にドイツで Talbrücke Obere Argen, 1997 年にわが国で MIHO MUSEUM BRIDGE が建設されているが、1998 年静岡県に建設された支間 79.5 m のあゆみ橋が、コンクリート系としては初めての橋である (写真 - 25)。

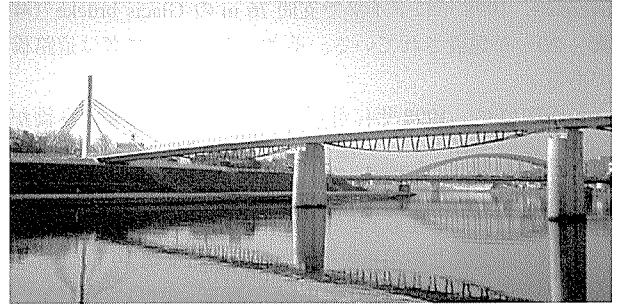


写真 - 25 あゆみ橋

6.3 斜張吊橋

斜張吊橋は、斜張橋と吊橋を組み合わせた複合システムである。Dischinger が 1938 年に提案したもので、これまで超長大橋に最適な形式として研究の対象とされてきた。

2002 年青森県に PC 斜張橋と鋼吊橋を複合させた支間 110.15 m のなぎさブリッジが建設された (写真 - 26)。この橋の補剛桁は、斜張ケーブルによって吊り上げられる部分が PC 桁、支間中央付近の吊ケーブルによって吊られる部分が鋼桁になっている。

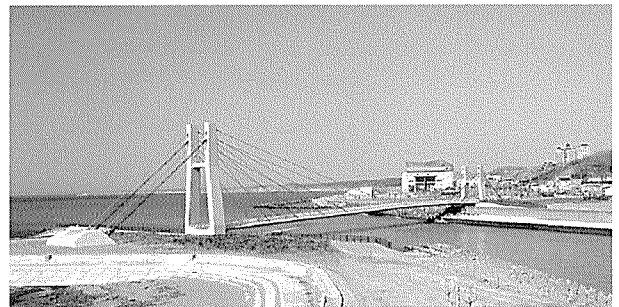


写真 - 26 なぎさブリッジ

7. 建築分野における吊構造

建築分野において現代的な吊構造が実現したのは、1950 年代になってからといわれており、1953 年にノースカロライナ州の屋内展示場ラーリーアーナが、交差した吊ケーブルと押さえケーブルを有する支間 91 m の二方向吊屋根として登場している。

吊屋根には、吊ケーブルによって屋根を支持する懸垂構造タイプと斜張ケーブルによって屋根を吊り上げる斜張構造タイプが建設されているが、どちらもコンクリート部材にプレストレスが導入されている事例は少ないようである。また 1980 年代に入ってから張弦梁構造の実績が増加してきている。

懸垂構造屋根の事例には、1953 年ドイツでシュバルツバ

ルツのホール、1957年のブッパータルのプール、1961年フランクフルト空港に建設された格納庫などがある（写真-27）。わが国を代表する事例としては、1964年東京代々木に建設された国立屋内総合競技場があげられる。このほか1961年愛媛県で西条市体育館、1968年岩手県で県営体育館などが建設されている。

斜張構造屋根の事例には、1977年福岡県に建設された西日本総合展示場などがある。

張弦梁構造屋根としては、1990年群馬県に長径168m、短径122mのグリーンドーム前橋、1991年鳥取県に直径140mの出雲ドーム、1996年千葉県に20×40mの船橋日大前駅など、多数建設されている。



写真-27 フランクフルト空港の格納庫

8. おわりに

PC吊構造は、放物線ケーブルを用いた吊床版橋などでは、荷重が載荷される床版に座屈の問題がなく、材料の引張強度を活かした軽量で薄い構造が可能となる。また、直線ケーブルを用いた斜張橋でも、荷重が載荷される主桁の曲げをケーブルが抑えることで、材料の圧縮強度を活かした軽快な構造が実現できる。すなわち、PC吊構造の特徴はその構造的合理性とスレンダーな形態にある。このような優位性をもつ吊構造は、かつては構造解析の煩雑さが普及を妨げていたが、コンピュータ解析技術の急速な高度化と一般化を背景に技術開発が進み、さまざまな構造に積極的に適用され発展してきたといえる。

吊構造が最適な解となり得る橋梁や建築は、これからも多く計画されると考えられ、今後もさらなるPC吊構造の発展が期待できよう。

本文の執筆にあたっては、近藤真一氏や中積健一氏をはじめ多くの方々から資料や写真を提供していただいた。ここに謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) Gimsing, N.: 吊形式橋梁 — 計画と設計 —, 建設図書, 1990.4
- 2) 土木学会: 鋼斜張橋 — 技術とその変遷 —, 2000.9

- 3) プレストレストコンクリート技術協会: PC 橋架設工法 2002 年版, 2002.8
- 4) プレストレストコンクリート技術協会: PC 斜張橋・エクストラロード橋設計施工規準 (案), 2000.11
- 5) プレストレストコンクリート技術協会: PC 吊床版橋設計施工規準 (案), 2000.11
- 6) 土木学会: ペデ: まちをつむぐ歩道橋デザイン, 鹿島出版会, 2006.2
- 7) 土木学会田中賞選考委員会: Bridges 田中賞の橋, 鹿島出版会, 1999.9
- 8) 日本建築学会: ケーブル構造設計指針・同解説, 丸善, 1994.6
- 9) 友保 宏: 道路における PC の歴史について, プレストレストコンクリート, vol.42, No.6, 2000.11
- 10) 百島祐信: PC 吊り構造の歴史, プレストレストコンクリート, Vol.42, No.6, 2000.11
- 11) 西川和廣, 近藤真一, 大塚一雄, 石川 育, 野村貞広: 我が国における最近の PC 斜張橋, プレストレストコンクリート技術協会第 22 回 PC 技術講習会, 1994.2
- 12) 坪井善昭: ケーブル構造の歴史, 建築技術, No.562, 1997.1
- 13) 新井英雄, 錦 英樹: 吊床版橋, コンクリート工学, Vol.30, No.3, 1992.3
- 14) 日本道路協会: 道路橋年報 (平成 17・18 年度版), 1998.3
- 15) プレストレストコンクリート建設業協会: プレストレストコンクリート (第 35 報) 2008 年版, 2008.10
- 16) Schlaich, J.: CABLE - STAYED BRIDGES, Recent Developments and their Future, Proceedings of the Seminar, 1991
- 17) fib: Guidelines for the design of footbridges, 2005
- 18) Strasky, J.: Stress ribbon and cable - supported pedestrian bridges, Thomas Telford Publishing, 2005
- 19) Verlag Braun, G.: Festschrift Ulrich Finsterwalder 50 Jahre Für DYWIDAG, 1973
- 20) Strasky, J.: Precast Stress - Ribbon and Suspension Pedestrian Bridges, Proceedings of symposium on modern prestressed techniques and their application, Kyoto, 1993
- 21) Strasky, J. and Rayor, G.: Composite Stress - Ribbon Pedestrian Bridges, Proceedings of FIP symposium on post - tensioned concrete structures, London, 1996
- 22) Vik, B.: Kollstrømmen bro - En hengekonstruksjon i spennbetong, Nordisk betong, 6 - 1978
- 23) Lin, T.Y. and Kulka, F.: Construction of Rio Colorado Bridge, Journal of the Prestressed Concrete Institute, Vol.18, No.6, 1973
- 24) Batsch, W. and Nehse, H.: Spannbandbücke als Fußgängersteg in Freiburg im Breisgau, Beton und Stahlbetonbau, Band 67, Heft 3, 1972
- 25) Strasky, J.: Precast Stress Ribbon Pedestrian Bridges in Czecho - slovakia, PCI JOURNAL, May - Jun 1987
- 26) Virlogeux, M., et al.: A Prestressed Concrete Slab Supported from Below, The Truc de la Fare Bridge, La Technique Francaise, The 12th FIP Congress, 1994
- 27) Strasky, J. and Studnickva, M.: Pedestrian Bridge Across The Swiss Bay of Vranov Lake, Czech Republic

【2008 年 12 月 15 日受付】