

第三章 ま と め

第一、二章においては、1980年代に建設された海外の斜張橋を取り上げ、個々の橋梁に盛り込まれている諸技術特性を要約すると共に、架設関連技術を中心に国内の数橋梁も含め比較検討を行っている。

本章では、これらの諸資料の下に、海外と国内の技術上の相違点、架設技術の発展の方向性、今後の我が国に求められている技術課題などについて、まとめるものとする。

§ 1. 調査できた技術

1. 日本の架設技術の位置付け

1.1 主塔架設技術

主塔架設用重機としては、フローティングクレーン、タワークレーン、クライミングクレーン、トラッククレーン、クローラクレーンなどが用いられ、国内外の相違点を見つけることは難しいが、敢えて言えば次のように言える。

a 日本ではF C（起重機船）が多用される。

対象に選定した国内3橋からはこの傾向が見出せないが、F Cを用いた主塔架設の例は、名港西大橋の他に、摩耶大橋、大黒大橋、六甲大橋、かもめ大橋、末广大橋、安治川橋梁、櫃石・岩黒島橋、横浜港横断橋と多い。

これの理由に、斜張橋が海岸線に近い河口での大支間に採用されやすいこと、F Cの供給が1980年代に入り豊富になってきたことが考えられる。ちなみに、F Cを用いない海上での主塔架設は1980年以前に多い。石狩河口橋（1972年、移動式クレーン）尾道大橋（1968年、デリック）大和川橋梁（1981年、クリーパクレーン⇒例外）。

一方、海外においては、調査した中に、2橋のF C使用が有るが、調査範囲を広げると日本ほどF Cへの集中傾向はみられない。この理由は、架橋地点の自然条件以外に、日本ほどF Cが豊富に存在しないということが推測出来る。

次に設計及び構造上という観点から国内外の差に着目すると、次のようなことが言える。

b 海外でR Cの主塔が多用され、日本では少ない。

対象とした海外10橋の内、4橋でR C構造の主塔が用いられている。又その内2橋の側径間にP C桁が用いられ、1橋の床版にはR Cプレキャスト版が用いられている。このように複合構造が多用されている。これに対し日本ではそろそろ採用されつつある段階にあり、その施工実績は

高 梨 大 橋（主径 100m, S R C主塔, 1984年完成）

秩 父 大 橋（主径間 152m, S R C主塔, 1985年完成）

十勝中央大橋（主径間 250m, R C主塔, 1987年完成）

であり、さらに本四公団生口橋の側径間にP C桁が計画され、現在設計中である。

鋼構造とRC構造の接合、コンクリートのクリープの評価などの課題はあるものの、負反力対策、圧縮部材にRC、引張にケーブルを用いるなどの構造材料の合理的配置などの理由から、日本でも今後多様される可能性を秘めている。しかし、日本は地震多発国であり、大型主塔にコンクリート構造を採用するために解決すべき課題も多い。

1.2 主桁架設技術

中央径間は張出し工法がほとんどである。側径間の桁架設は、日本ではクレーンを用いたベント工法が多いのに対し、海外では桁下空間の状況に応じ多様な工法が用いられている。

中央径間に張出し工法が用いられるのは、斜張橋の構造特性を生じたものであり、内外不変である。ただし経済的な直下吊り工法は航路制限を伴うためか、日本では少ない。側径間の桁架設については、海外では現地の条件に応じ多様であるのに対し、国内ではクレーンを用いたベント工法に集約されている。クレーンのそろっている日本では、この方法が所定の経済性・安全性をもつものかもしれない。しかし、例えばファロー橋のように、双胴船特性バージを用意して施回工法によって側径間桁架設し、しかもこのブロック長の80mが取付橋の支間に一致しており、設計の領域まで統一されている。このような独特のアイデアの採用は単に技術者としての願望のみならず、ハードからソフトへの転換をもとめられている日本の橋梁技術界への時代の要請でもある。しかし、アイデアの採用・技術への評価をめぐる我々の環境・体制・契約の違いなど今後の検討課題も多い。

1.3 ケーブル架設技術

ケーブル部材として、何を使用しているかに着目すると、日本と海外では次のような相違点がクローズアップされる。

a 海外では依然として、ロックドコイルが多用されているが、日本では平行線ケーブルが主流となってきた。

この分析理由として、図1と図2に日本と海外の斜張橋における使用ケーブルの変遷を示す。

海外において、ロックドコイルが依然として多用されている理由は防蝕性が良く、施工が比較的容易だからと言われ、またPWSは西ドイツのKurt-Schumacher(1972年完成)に初めて使用されたが、工費、施工期間の両面から不経済と評価が下され、その後の追随例を見ないとも言われている。

日本においては、1970年よりPWSが採用されているが、これは素線本来の機械的性質(引張強度、弾性係数)を低下させることなく用いられる点を重要視してきたからであろう。

近年は、PC鋼線ケーブルが多用されている点も大きな特徴であるが、マルチケーブル斜

表1 ケーブルの特性比較

	ロックドコイルロープ	P W S (プレファブ・パラレルワイヤストランド)	※1 P C 鋼線ケーブル	※2 ロングレイケーブル	P C 鋼より線ケーブル
素 線		亜鉛メッキ鋼線 (平行)	P C 鋼線 (裸) (平行)	亜鉛メッキ鋼線 (疑似平行)	P C 鋼より線 (裸)
引張強度 (kgf/mm ²)	130~150	160	165	160	190
弾性係数 (kgf/mm ²)	16,000	20,000	20,500	20,000	19,500
伸 び 特 性	設計荷重下でクリープ が生じる	クリープは無視できる。			
防 食	素線亜鉛メッキ + 塗装 (現場)	素線亜鉛メッキ + ラッピング (現場)	ポリエチレン管+グラ ウト (現場)	素線亜鉛メッキ + ポリエチレン被覆 (工場)	ポリエチレン被覆 + グラウト (現場)
施 工	簡易な架台、ベント		ねじり除去のためのケー ブル展開が必要		
景 観	塗装による着色可	ラッピングに塗装可	黒色 (着色テープ, アルミカバリング, 二重管)		
ソ ケ ッ ト	亜鉛合金鋳込	亜鉛合金鋳込	エポキシ+亜鉛+鋼球, エポキシ+亜鉛合金鋳込 (Hi Am)		(NSソケット)

-04L

※1 工場において直径7mmのP C 鋼線を平行に束ねてスペーサーストランドをスパイラル状に巻き付け、ポリエチレン管に挿入してリールに巻き取った後現場に運搬する。ケーブルを架設しケーブルに全死荷重を導入後、防錆材をグラウトして用いるケーブルを言う。

※2 直径7mmの亜鉛メッキ鋼線を平行に集束しながら引張強度及び弾性係数を低下させない程度のピッチでケーブルに捻りを加え、ケーブル表面に工場で防食加工したケーブルを言う。

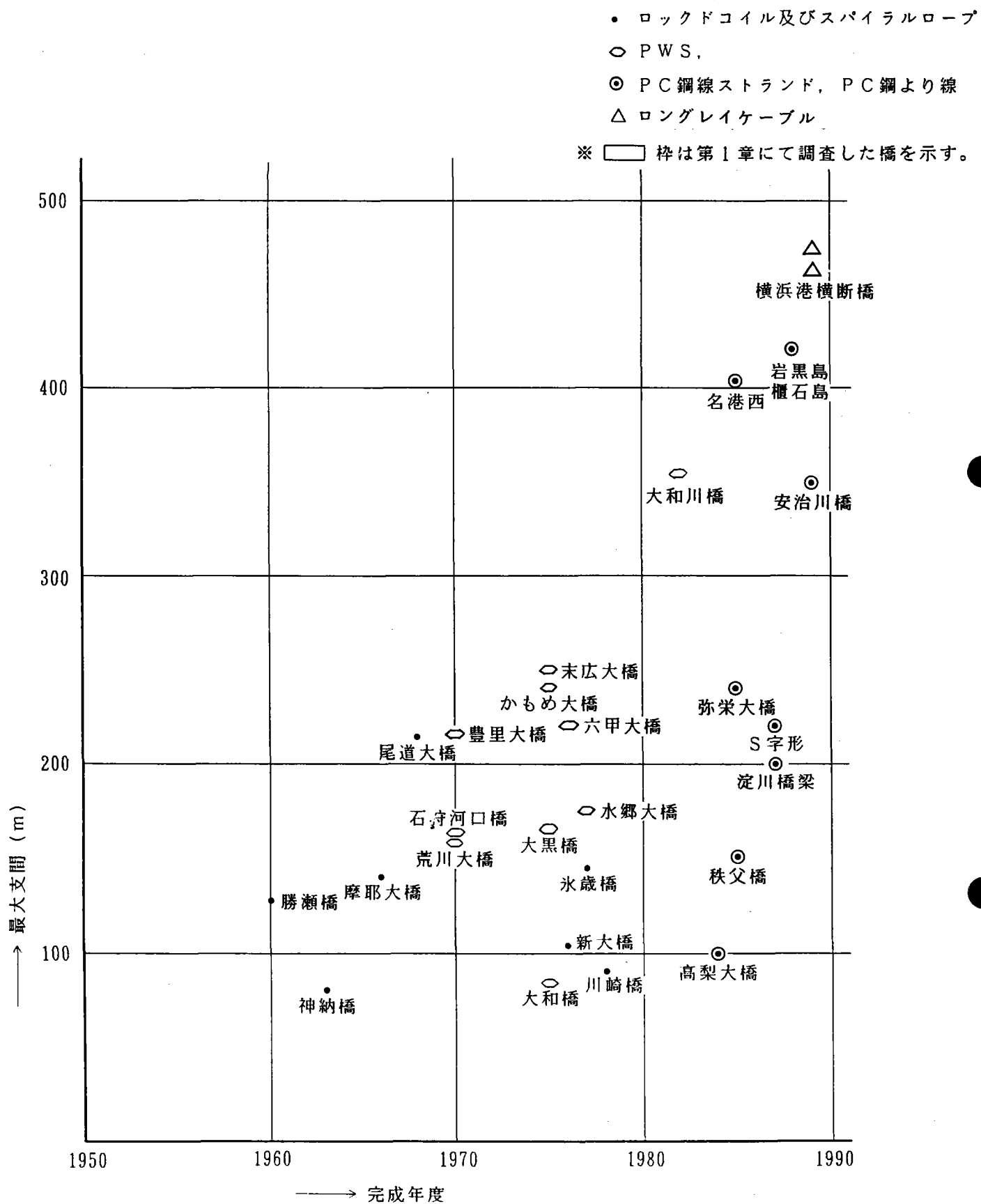


図-1 斜張橋における使用ケーブルの変遷 (日本)

張橋が主流を占める中であって、防錆用ポリエチレン管にて被覆されたケーブルの使用が最も顕著な点である。

更にケーブルの疲労強度の確保という点から、熱影響の少ない HiAm アンカーの使用も世界的な流行となっている。

表 1 には斜張橋ケーブルとして多く用いられているケーブル部材の特性比較を示す。

ケーブル部材の架設方法については、従来は仮ケーブルやキャットウォークを用いて引込む方法も見られたが、現在の主流は、

- b 海外も日本においても架設機（塔頂クレーン、桁上クレーン、ウィンチ）により、直接架設方法が多くなってきた。

この理由としては、架設機を使用することにより、仮設備工が少なくなること、大型の移動式クレーンが桁上に容易に搭載可能になったことなどが挙げられる。塔とケーブルの取合い構造から見ると、塔内にサドル構造を設け、ケーブルを連続させるタイプがほとんど採用されていないことも、一つの理由と考えられる。

次に、ケーブル張力の導入方法の主流は、日本、海外のいずれにおいても、

- c ジャッキで直接ケーブルを引き込む方法が多くなってきた。

日本において、従来は主桁の扛上・扛下による方法が多かった。この方法はベントを使用する架設方法にて適用されてきたが、ベント架設は、斜張橋の架設上の特徴である桁下空間を占領しないという点に反するため、近年はあまり適用されなくなってきており、必然的に主桁の扛上・扛下も少なくなってきている。

また、将来の損傷したケーブルの交換を考慮し、塔側での定着方式が多くなってきているため、サドルのジャッキアップ方法も少なくなる。

ジャッキで直接ケーブルを引き込む方法が多くなってきた理由は、近年マルチケーブル形式が多くなってきたことによる。マルチケーブル形式では個々のストランドの径が小さくなってきていること、桁がより密な間隔で吊られるため桁がより柔なこと、ストランドを定着しようとする桁先端のたわみが小さいこと等により、張力導入作業が大幅に単純になってきたためでもある。

最後にケーブル張力の測定方法であるが、日本、海外のいずれにおいても次のような同じ傾向が見られる。

- d ケーブルを引き込む油圧計の読み及びケーブルの固有振動数から求める方法が多くなってきている。

張力測定方法には、ストレインゲージ、ロードセル、引き込みまたは押し込み時の油圧計を用いて直接張力を測定する方法、ケーブルのサグや固有振動数を計測し解析により求める方法がある。ストレインゲージやロードセルを用いる方法は、精度は高いがケーブル架設の一連の作業の中で零点設定に難を有し、またロードセルはケーブル本数が多いと不経済となる。ケーブルサグを測定する方法は、キャットウォークを用いる工法の場合は測定可能だが、用いない場合に如何に計測するかが問題となり、更に精度が余り良くないという欠点を有している。このような訳で、固有振動数を測定する方法が、計測機器の高精能化と小型化の為、経済性・作業性の面から簡便な方法として近年多く使われるようになってきている。

ケーブル張力導入に当って使用するジャッキ反力の測定は、測定精度が多少劣るが、油圧計に直接表われる数値を用いるものであり、最も簡便な方法である。従って、ケーブルの固有振動数を測定する方法と併用することにより、測定精度の信頼性を高めるとの観点から両測定方法を併用する場合が最も多くなっている。

1.4 架設形状管理

我が国では、斜張橋の形状管理に関する議論が盛んに行われているが、海外においては次のように位置付けられる。

- a 海外工事では、架設時にサイトコンピューターを用いてケーブル張力を詳細に管理しているケースは少ない。

海外では中央径間 450mクラスの AnnacisとChao Phya 以外は、形状管理システムと呼ばれるような管理をした報告はなかった。すなわち架設時の張力と形状をサイトコンピューターを用いて、詳細に計測し、それにより計算した値から、ケーブル張力を導入し、形状管理するものである。

我が国では、中規模クラスでも、相当の形状管理システムを導入している。これらは、将来の長スパン斜張橋受注に向けてのシステムの開発と、ファブリケーターが、技術力をアピールするためのデモンストレーションの意味もあると考えられ、特色といえる。

見方を変えると次のようにも言える。

- b 海外では、仮組検査または寸法検査を十分に行い、現地では仮組時の再現に努力している。このため、サイトで数ブロックを組立て検証後、一ブロック毎に架設することもある。

この考え方の根底には、工場製作段階に必要精度を確保するよう努めるが、現地においては、仮組状態を再現することのみを配慮すれば良いとの考えがある。

1.5 作業安全管理

取上げた海外の10橋とも安全管理は、最小限の足場、手すりなどで施工しており、転落防止などの安全上の配慮は余りされていない。

海外工事では、ほとんどが移動式の添接足場で、しかもシンプルなものを用いていること。また、橋上手すりもスタクションなど、ごく簡単なもので、国内の安全設備とは大差である。

国内工事では、安全設備といわれる部分の工事費が非常に大きくなってきているとともに、その安全設備を施工する時の事故が相当の割合を占めている。

安全設備の目的と、その内容について再検討の余地があると思われる。

1.6 耐風対策

斜張橋は柔構造であり、吊橋同様に耐風安定性の確保が基本設計段階から検討されることとなる。この耐風問題に対する国内外の取組み方の相違点の一つは、

a 欧米では数値計算による耐風性照査法を確立する努力が、はらわれている。一方、我国の場合、風洞試験による検証方法が主流である。

欧米では耐風性照査に際し、可能な限り、風洞試験を省略し、数値計算によって耐風性の良否を判定する手法を確立させる途上にある。

その成果の一例として文献¹⁾が考えられる。これによって、自励振動、限定振動のそれぞれについて十分な精度をもって数値計算が可能となっている。

TJORN 橋の場合、基本設計・詳細設計の段階において、数値計算による照査を行ない、その後、風洞試験を実施し減衰定数と限界風速の関係を明確にした。また橋梁完成後、実橋における振動試験を実施し、減衰定数を求め、十分、安全であることを確認している。

我国の長大橋においては、数値計算によるフォローシステムの確立作業は遅れている。現状では、欧米の提案式を使用して、基本断面を決定し、詳細設計の段階にて、必ず風洞試験を実施し、対応している。

* 1) Bridge Aerodynamics ; Institution of Civil Engineers , London , 1981.3

耐風対策を進めるに当たっての基本設計思想という面からの相違点は、

b 欧米では自励振動に対して基本設計の段階において、空力的対策にて対応し、限定振動に対しては、実橋において振動が検出された段階において、TMD等の構造力学的対応が主流を占めている。

Kessock 橋の場合、主桁の断面決定の段階において、風洞試験による自励振動に対する安全性を確保させている。実機計測によって限定振動の発生を確認した後、TMDを設置することによって、対応している。また、Chao Phya 橋においても同様な経過で対応している。

一方、我国の場合、TMDの開発・実用化について、相対的に遅れており、空力的な処置を施したケースが多い。

架設途中における耐風対策という点においては、

c 欧米でも、日本でも仮の設備を設け対応している。

この架設系における対応という面でも、海外と日本では、a、bに述べた基本的な対応姿勢は変るものでない。即ち、日本では架設系の風洞実験を必ずと言える程実施しているが、海外ではその限りでない。

2. 施工基準

2.1 現場溶接

現場溶接部の材料強度に関しては、日本では全強の90%と定めているが（これは近日中に100%に改定との話有）、海外ではそのような基準を見付けることは出来なかった。現場での溶接施工基準も存在せず、日本の場合同様に、工場基準を準用しているとも考えられる。別の観点に立つと、海外プロジェクトにおいては、The Engineer が基準そのものであり、彼の指示に従えば良いのであり、基準は不用との考え方もあるのではなからうか。

2.2 架設精度

架設精度基準について、日本では一般的な基準はないが、日本道路公団では施工管理要領基準として、架設キャンバーを定めており、他の官庁では独自の基準を持つが、プロジェクトごとに管理基準値を定めていることが多い。

欧米では架設キャンバーなどの精度基準は見当らない。

工場仮組立時の形状を再現すれば良いとの考え方が主であり、The Engineerの判断による場合が多いようである。

2.3 構造物の安全性

架設本体構造の安全性を如何に確保すべきかという点については、日本では、設計示方書に定める許容応力の1.25倍以下におさえるよう明記しているが、ドイツ、英国、米国の設計基準を調べても日本のように明記されていない。海外プロジェクトの経験者によっても、特記仕様に明記されていない内容は The Engineer の承認を得て決められるものであり、ケースバイケースであると整理される。

仮設構造物の安全性についても、日本では土木学会の鋼構造架設設計指針があり、これに従うのが一般的であるが、海外においては、このような基準は見当らず、本体構造の場合同様に The Engineer の判断によるところが多いようである。

2.4 作業者の安全性

調査した文献の中では、安全性に対する記述は殆ど無かった。写真等で判断する限りでは、移動足場及び必要最小限の部分足場しか施されておらず、日本に比べ相当の差がある。そこで、英国、米国の安全基準を調べて見たところ、次のことが分った。

構造基準は、海外の基準の方が日本に比べ詳細に言及されているが、日本の場合、法律に従って監督する官庁の細やかな指導が、行き届いている。
--

表2に示すように、構造に関しては、海外の方が日本に比べ詳細に規定されているが、文献調査の中での感じでは、日本の方がはるかに完璧な設備を施している。

このことは、監督官庁が労働災害（特に建設業）に対する世論に答えるべく十分な指導を行っている結果と思われる。

特に、アメリカに於いては監督官庁も日本と同様な権限を有し、重大事故が発生した場合、

安全管理者は罰金，懲役刑に処せられるが，日常的には，労災保険審査技師との協議が重要視されている。（保険会社はもちろん強制権限はないが，審査技師の合意がなければ保険契約が成立しない。）

従って安全対策も比較的ビジネスライクに判断され，日本のように完璧な対策が要求されないのだろう。

また，安全対策が日本より劣る原因の一つに海外では外国人労働者を現場作業員として多用していることが挙げられる。

表2 足場等の構造基準法律比較表

項目	日本	アメリカ	イギリス
構造基準	① J I S 鋼管足場 JIS A8951 ② 労働安全衛生規則	① American National Standard(ANSI) Safty requirements for scaffolding ② Occupational safty and healthact	① B S 5973 Code of practice for access and working scaffolds and special, scaffold structure in steel
構造	② 高さ2 m以上には75 cm以上の手摺 ② 落下物防止義務から、巾木ネット 取付の行政指導	① 高さ3 m以上には手摺及び巾木 ② 住般的に日本の労働安全衛生規則と 同じような法律である。	手摺及び巾木が必要 915<H<1140 440<W<1300
荷重	特に指定なし ② 足場、通路に制限荷重表示義務 ② 風荷重に対しては壁継ぎのピッチ の規程あり	鉛直荷重 122 kg/m ² ~ 367 kg/m ²	鉛直荷重 122 kg/m ² ~ 367 kg/m ² 風荷重 V = 14 m/sec ~ 80 m/sec
材料	① 使用材料の寸法、強度規程有	① 別の項にJ I Sと同様な規程有	同 左
法(基準)違反時の罰則	②の監督官庁である監督署に警察権があり、罰金・懲役刑に科せられる	同 左	

3. 経済性

3.1 使用材料とその構成

国内と国外の使用材料と経済性という面から見ると、

海外工事の方が、使用鋼材が少なく、かつ材料の組合せにバラエティーがあり、経済性を追求している。

第二章の経済性比較表にみられるように、使用数量の全てにわたって充分調査できないが、使用鋼材重量に着目すると図3より、桁鋼重 (kg/m²) は、日本の方がスパン比において増大傾向にあることが良く示されている。

アダミヤ橋、アナシス橋は、コンクリート床版であるが、もし鋼床版におきかえても桁鋼重は相当に少ないと思われる。

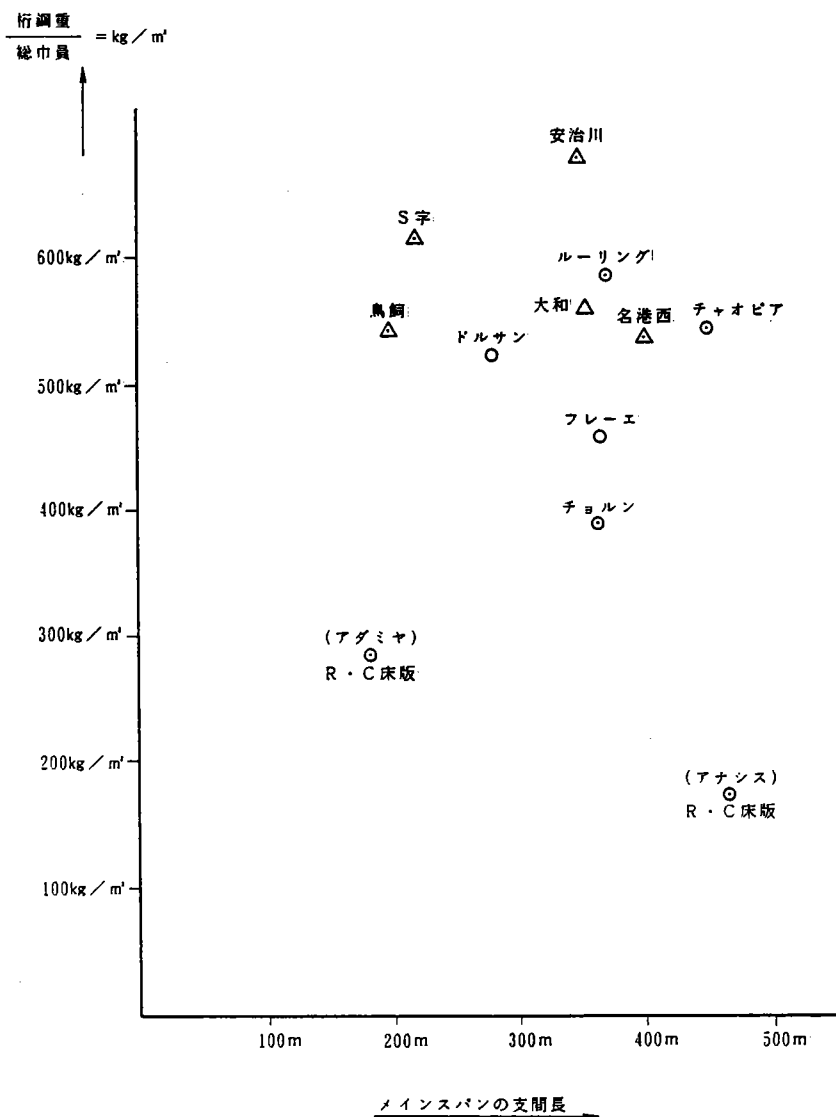


図3 桁の使用鋼重比較

塔一基当りの使用鋼重を塔の高さで割ってみたところ、図4に示すように直線分布特性をしていることが示された。このデータで経済性を論議することは出来ないが、設計に当って参考になればと考えている。

鋼材とコンクリート材の使われ方については、日本の設計の場合、桁と床版、桁と塔、は同一材料を使用した例が殆んどであり、海外の設計の場合、桁と床版（プレキャスト床版、鋼桁とコンクリートの合成桁等）、桁と塔（鋼とコンクリート）桁と桁（中央径間が鋼桁で側径間がコンクリート桁等複合斜張橋）等バラエティーに富んだ組合せになっている。

これは、設計時において、材料、労働力、経済設計断面等、あらゆる面で経済性を追求した設計が海外において、より活発である事の結果と思われる。

例えばカナダ, ANNACIS. Br がその良い例である。

経済設計を追求するに当ってはどのような尺度（初期コスト、橋の寿命、維持補修など）を設定するかによって異なるため、海外の実例が即、国内では行かないが、今後の技術動向を考える上で一考しなければならないことと思われる。

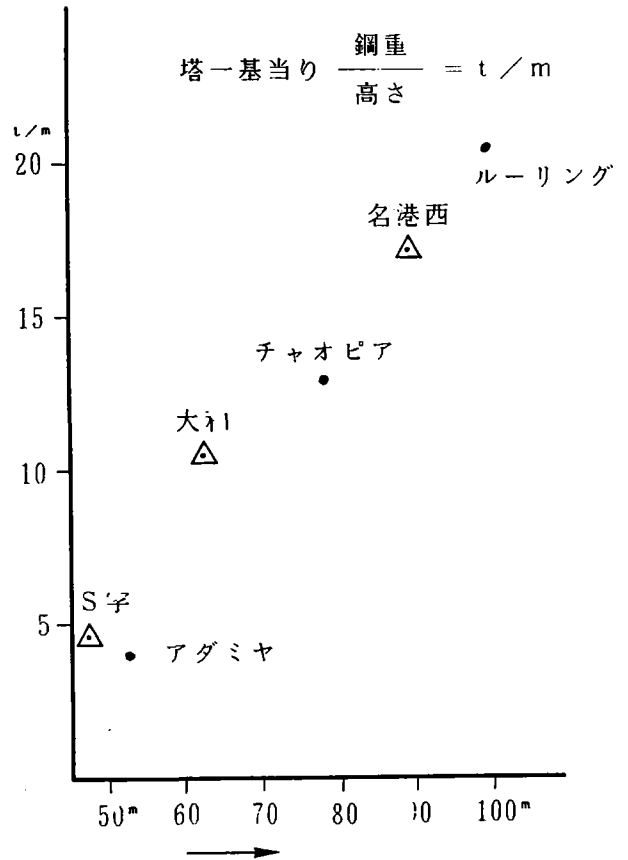


図4 塔の使用鋼重比較

3.2 建設工期とコスト

海外工事の方が、工法にバラエティーがあり、工期が短い。

各プロジェクトの建設工期は表3のとおりであり、特に海外には珍島・突山のように上部工架設工期が極端に短いものがある。

表3 建設工期一覧表

橋名	橋長(主径間)	全体工程(上部のみ)	橋長/上部工程(m/月)
チョルン	647 m (366)	27 ヶ月 (18)	36 (注1)
ケソック	1052 m (240)	66 ヶ月 (24)	44 (注2)
ルーリング	837 m (373)	70 ヶ月 (50)	16 (注3)
珍島	584 m (344)	34 ヶ月 (10)	58 (注4)
突山	450 m (280)	33 ヶ月 (10)	45
ファロー	530 m (290)	61 (15)	35
アダミヤ	405 m (182.5)	36 ()	(注5)
アナシス	930 m (465)	28 (21)	22
チャオピア	781 m (450)	36 (24)	32
名港西	758 m (405)	58 (42)	18
大和川橋	653 m (355)	58 (45)	14

(注1) 2車線交通開放後4ヶ月工事ブランク含む。ただし上部のみ工程にはこの期間含まず

(注2) 下部工完了後、上部工着手の間ストライキ17ヶ月あり

(注3) ストップ期間 ヶ月あり

(注4) 舗装等附属工事含まず

(注5) 戦争1年6ヶ月含まず

工期を支配する施工環境という点では、日本の方が、大型フローティング・クレーン(F C)を豊富に有しかつ利用ができ、現場溶接が少なく、現場継手施工が容易であり、工場内にて立体仮組され部材精度が良いという、有利な条件にあるが、実際の工期は長い。

その理由の一つとして積算体系において工法変更等では、より経済的な工法を代替案として提案した場合、海外では発注者より金額的にも評価されるが、日本の場合減額対象となる場合が多い。また、作業条件、内容において、F C等の海上作業専有域又は作業時間帯等制限が多くあり、安全設備、ケーブル張力管理、形状管理等に多くの時間を要する為とも思われる。

日本の場合、より安全に、より良い品質のものを建設しようとしている為、工期が長くなり、それによる工事費は増加すると思われる。

表4は使用鋼重と建設コストを一覧表にして示したものであるが、アナシスやチャオピア橋の低コストが特に目に付くところである。

表4 使用鋼重と建設コスト

	桁 (kg/m ²)	塔 (t/m)	ケーブル (t)	総鋼重 (kg/m ²) (t)	金額 (上・下部 億円)	換算 レート
フレーエ	456	RC (18700m ²)	1200	534 (8200)	185 (RC桁780m含む)	1DM =195円
チョルン	387	SRC	364	476 (2746)	25 (鋼桁製作のみ)	1Sk\$ =25.8円
ルーリング	582	29	490	861 (18443)	204	1US\$ =240円
ドルサン	521		154	604 (3300)	30	1US\$ =200円
アダミヤ	283 RC Deck	3.6 (1本のみ)	196	322 (3920)	78	(円表示)
アナシス	188 RC Deck	RC (8586m ²)	1700	188 (5600)	75	1CN\$ =165円
チャオピア	541	12.8	1250	702 (18100)	96	(円表示)
大和	555	10.7	1201	737 (14445)	146	
名港西	534	17.1	600	920 (10073)	163	
S字	614	4.8	230	705 (7540)		

3.3 入札制度と地域性

入札制度そのものが、経済性を支配するとは考えられないが、コストを考えるに当って知りたい情報の一つであることもまた確かであろう。そこで調査対象海外プロジェクトが、どのような入札制度を採用しているか表5にまとめてみた。

この表より、入札制度と地域性について関連付けることは出来ないが、日本企業が参加したプロジェクトは一般競争入札の場合だけであることが容易に分る。

表5 各橋梁の入札制度

橋名	国名	入札制度	施工推進体制
フレーエ橋	西ドイツ	制限付入札制	
新チョルン橋	スウェーデン	一般競争入札制	Two Party System
ケソック橋	イギリス	指名入札制	
ルーリング橋	米国	一般競争入札制	Two Party System
珍島橋	韓国	指名入札制	Three Party System
突山橋	"	"	"
ファロー橋	デンマーク		Three Party System
アダミヤ橋	イラク	一般競争入札	Two Party System
アナシス橋	カナダ	一般 "	Three Party System
チャオ・ピヤ橋	タイ	一般 "	"

§ 2. 架設技術の目指すべき方向性

1. 海外、日本の架設技術の特徴

斜張橋の架設技術に関する調査結果を海外の特徴、日本の特徴、共通の特徴に分けて見ると以下となる。

1.1 海外の特徴

- (1) 工法の選定に当って大胆な独創的アイデアの採用という点で創意工夫に優れる。
- (2) 架設工程が短い。
- (3) ケーブル張力調整に当って、日本のように詳細な形状管理は行っていない。
- (4) 安全足場は、施工作业上必要最小限の対策を施すのみである。
- (5) 設計に当っては、各種材料の組み合わせによりコスト低減を図っている。
- (6) 耐風問題においては、数値計算による耐風性照査方法が確立しつつある。

1.2 日本の特徴

- (1) 主塔、側径間の架設にF Cを用いた架設技術が多く採用されている。
- (2) 設計で設定した形状を確保するための、ケーブル張力調整による形状管理システムが高度化している。
- (3) 安全対策は、第三者への影響も考慮して、ボルト一本落ちない完璧な対策が要求されている。

1.3 日本と海外の共通性

- (1) 中央径間の架設は斜張橋の特性を生じた張出し架設工法が多く採用される傾向にある。
- (2) マルチケーブルの採用と共に、ポリエチレン材で被覆したケーブルの使用が多くなっている。
- (3) ケーブル張力測定法としては、ジャッキ反力と振動計測法との併用を用いる。
- (4) 架設中の対風安定性を如何に評価すべきかの明確な基準がない。

2. 日本の技術環境

技術と社会的背景という観点から、海外の技術はコスト競争の中で合理性を求めるという面が強く、常に何か新しい革新的技術を売りものにしての対し、日本の技術は指名競争入札に見られるように実績重視型の信頼と慎重を第一とする保守性の強い技術であるとの見方が出来る。即ち、このような環境においては、挑戦的新しい技術というよりも、既往の技術の拡張・拡大による技術の発展が図られているのが一般的であり、今日続々と建設されている長大斜張橋においても、その感が強いと言えるのではないか。

日本の斜張橋の市場環境に目を向けると、湾内や河口を連絡する大型道路鋼建設計画の中にあって、創造美豊かな斜張橋型式の採用が多くなる傾向にある。

経済性という観点からは、PC斜張橋の進出に著しいものがあり、鋼斜張橋における優位性を主張する、防蝕技術、低コスト製作施工技術、耐震・耐風技術など全ての面での技術開発の重要性が関係者の間で認められつつある。一方、コンクリートと競合するだけでなく、鋼とコンクリートが共存するため、それぞれの有利性を組み合わせた新しい橋梁型式の出現機会も多くなるものと予想される。

海外からの公共事業に対する門戸解放の要求も、第二の黒船襲来とも比喻され、日に日に激しさを増す方向にあり、国内における技術の有り方も、閉鎖社会から国際社会に通じるものへの変革が求められている。

3. 技術輸出の可能性

斜張橋の設計・製作も含めた施工技術において、今回の調査結果では、我が国は大胆な独創的アイデアの創出という点では、多少劣るが、それ以外においては、国の特性という面を配慮すると海外から今日、特に学ぶべき技術課題は無いと言えるのではなからうか。

技術輸出には、海外で計画・設計したものを製作・施工する技術と、計画・設計・施工管理するエンジニアリング技術との二つがある。前者に対する日本の技術は、世界の超一流国と評価できるが、経済性という面で受け入れられるかどうかのポイントになりつつある。後者については、今回の調査橋梁においても、日本のエンジニアリング会社がどこにも参加できていないことが示すように、今後、日本のエンジニアリング技術がどこまで世界の中で受け入れられるか厳しい状況下にあることは容易に推測される。

エンジニアリング技術が受け入れられない原因としては、

- (1) 国内の需要が多く、リスクを伴う海外に進出する必要がない。
- (2) エンジニアリング会社のプロジェクトに対する位置付けが、日本と海外では異なる。
- (3) 海外では、日本の J I S や示方書が使用されないため、対応が容易でない。

などが考えられる。

従って、技術輸出を可能にするためには、前述の3条件に変化が現れることが必要であり、その中でも特に海外で日本の J I S や示方書が一件でも多く使用または参考にされることが最も大切と思われる。そのためには、世界に通用する規準化を目指し、関係する官・学・民が一体となって機会あるごとに、日本の規準の使用を働き掛けるとき、自ら道は開けるのかもしれない。

4. 目指すべき方向性

調べた情報の下に、我々が今後国の内外の別け隔てなく通用する技術は何であるか議論したところ、我々が今後目指すべき方向は以下のような点にまとめられた。

- (1) 余り失敗を恐れることなく、独創的技術革新をも率先して受け入れる技術評価体質を醸成する。
- (2) 国の内外の価格競争に耐えられる製作・施工技術の開発とコストの低減を図る。
- (3) 日本の基準が国際社会にて通用するようあらゆる機会を捕え、普及の促進を図る。
- (4) プロジェクトの基本計画、資金調達、その回収までを企画遂行するソフト技術の開発と実施
- (5) 発展途上諸国に対する製作・施工に関するハード・ソフト両面での技術移転と指導
- (6) 鋼橋の優位性を主張する技術開発（例えば、部財の取換え技術、トータル技術力など）により世界的市場の拡大を図る。

§ 3. あとがき

本報告書は、斜張橋の架設技術を中心に海外と国内の相違点を明らかにし、我が国の保有技術の長所と海外から学ぶべき技術を明確化し、今後の目指すべき技術の方向性を提示することを目標にまとめてみたものである。

しかし、分科会は内需拡大の影響をもろに受け、活動もおもうにまかせず、当初目標に対し、何割達成したか疑問な点も多いが、一応これが一段落とする。

関係者の御参考になれば幸いである。