

吊橋のケーブル架設技術

橋山正幸・小林芳洋・広沢正雄・峰地慎一・杉井謙一(工博)

都市環境カンパニー・構造技術部

Erecting Technology for Suspension Bridge Cables

Masayuki Akiyama・Yoshihiro Kobayashi・Masao Hirose・Shinichi Mineji・Dr. Kenichi Sugii

The technical development of catwalk designs and the erection of main cable (PWS method, AS method) as well as changes in erecting technology for suspension bridge cables is described in this paper. Featured new technologies include the on-site-fabrication & direct-stretching PWS method, a method with no tentative-leading & transferring process, an AS method using large diameter wires, and a new adjusting method for anchor-span tension.

まえがき = 1998年4月、世界最長を誇る明石海峡大橋が開通した。また、1999年5月には、三連の来島海峡大橋が開通し、本州と四国が3ルートで完全に結ばれた。

当社は、1965年ころから、きたるべきわが国長大橋時代に向けて、平行線ケーブルの製作・架設方法の研究開発に着手した¹⁾。当時のわが国では、より線ロープをケーブルとし、中央支間長も367mと比較的小規模な若戸大橋の施工例があるのみであった。そのため、ケーブル架設用の空中足場であるキャットウォークの長支間化や、平行線ケーブルの架設技術についての研究開発を進め、適宜、改良を加えながら吊橋の大型化に対応してきた²⁾。

本文では、まずケーブル架設に関わる技術全般の変遷を概観し、次いでキャットウォーク設計とケーブル架設とについて詳述する。さらに、より一層の長大吊橋に向けての課題と対策試案とについて記述する。

1. 吊橋ケーブル技術の概要

当社が施工にかかわった主な長大吊橋ケーブルに関する構造諸元と架設工法の一覧を第1表に示す。ここに示す長大吊橋のケーブルはすべて平行線ケーブルであるが、架設方法により、PWS(Shop-fabricated Parallel Wire Strand)工法とAS(Air Spinning)工法とに分類される。わが国の主要な長大吊橋は、下津井瀬戸大橋を除いて、すべてPWS工法が採用された。このあたりの事情については参考文献¹⁾に詳述されている。

PWS工法、AS工法いずれの場合にも、ケーブル架設のための仮設備としてキャットウォークが設置される。キャットウォークは、ロープと溶接金網を主要構造物とする空中足場で、ケーブル架線形状(カテナリー)にほぼ一定間隔で沿うように架設され、作業足場として利用されるほか、次章で詳述するように、主塔をセットバックする機能も有する重要な構造物である。

このキャットウォークの架設は、

- 1)パイロットロープの渡海、
- 2)ホーリング(工事用の索道)システムの構築、
- 3)キャットウォークロープの架設、

- 4)キャットウォーク床組(溶接金網)の設置、
 - 5)ハンガーロープおよびストームロープの設置、
 - 6)キャットウォークシステムへのプレストレスの導入、
- といった手順を経て、所定の作業床の線形確保と主塔セットバック量の調整とが実現される。

ケーブルは、このキャットウォークを使用してストランド(百本~数百本のワイヤの束)単位で架設される。先述のPWS工法とAS工法との差異は、厳密には、このストランドを架設する方法を分類したものである。つまり、ストランドをあらかじめ工場で製作し、現場に搬入するのがPWS工法であり、現場のキャットウォーク上でワイヤを一本一本紡ぐように張り渡ししながらストランドを製作するのがAS工法である。ケーブル架設工事としては、ストランド架設後、ケーブルとして円形に成形したのち、ケーブルバンドが取り付けられ、さらにハンガーロープが吊り下げられることとなる。

本文では、紙面の都合上、キャットウォーク設計とケーブル架設とを中心に取上げるが、ケーブル工事全般の解説は参考文献³⁾に詳述されているので、参照していただきたい。

2. キャットウォークの設計

2.1 主塔のセットバック

吊橋は、桁などの死荷重がすべて載荷された状態で主塔が直立するように、つまり、塔頂部で側径間側と中央径間側のケーブル水平張力が釣り合うように設計される。ケーブル架設時にも、基本的には、ケーブル水平張力が釣り合っていることが望ましく、このような状況を作り出すために、事前に塔頂を側径間側に強制変位させておく手法がとられるのが一般的である。これを主塔のセットバックと呼び、その強制変位量は、吊橋の規模によっても異なるが、おおむね1m程度である。

わが国の長大吊橋の幕開け時代に架設された関門橋では、ケーブル架設用足場であるキャットウォークから独立させた主塔セットバック専用ロープ(トラクションロープ)を側径間に張り渡し、主塔に強制変位が与えられた⁴⁾。ついで、本四架橋の第一橋となった因島大橋では、

第1表 吊橋ケーブル技術の変遷

Table 1 Progress in cable erection techniques for suspension bridge

	橋梁名	関門橋	因島大橋	大鳴門橋	下津井瀬戸大橋	南備讃瀬戸大橋	レインボブリッジ	白鳥大橋	明石海峡大橋	来島大橋
	完成年	1974年	1983年	1985年	1988年	1988年	1993年	1998年	1998年	1999年
中央支間長		712m	770m	876m	940m	1100m	570m	720m	1991m	1030m(第3)
主ケーブル構成	架設工法	PWS工法	PWS工法	PWS工法	AS工法	PWS工法	PWS工法	PWS工法	PWS工法	PWS工法
	ワイヤ素線径	5.04mm	5.17mm	5.37mm	5.37mm	5.12mm	5.37mm	5.20mm	5.23mm	5.00mm(第3)
	ストランド構成	91本	127本	127本	552本	127本	127本	127本	127本	127本
	ケーブル構成	154st×2	91st×2	154st×2	44st×2	271st×2	127st×2	52st×2	290st×2	102st×2(第3)
	ケーブル長	1160m	1360m	1720m	1510m	1780m	962m	1620m	4070m	1703m(第3)
	ケーブル重量	5085t	5166t	11962t	13018t	19758t	5554t	3560t	50460t	6778t(第3)
	ケーブル径	664mm	618mm	840mm	940mm	1070mm	762mm	472mm	1122mm	636mm(第3)
	エキストラストランド*1)			2st×2			3st×2			
キャットウォーク形式	ストームシステム	有	有	有	有	有	有	有		
	ストームハンガー	斜	鉛直	鉛直	鉛直	鉛直	鉛直	鉛直		
	主塔のセットバック	トラクションロープ	ストームシステム	ストームシステム	ストームシステム	ストームシステム	ストームシステム	ストームシステム	キャットウォークシステム	キャットウォークシステム
ケーブルバンド	ボルト締付形式	横締め	横締め	横締め	横締め	横締め	横締め	横締め	横締め	縦締め
	ハンガーロープ定着	鞍掛タイプ	鞍掛タイプ	鞍掛タイプ	鞍掛タイプ	鞍掛タイプ	鞍掛タイプ	鞍掛タイプ	ピンタイプ	ピンタイプ
ハンガーロープ	ロープの種類	CFRC	CFRC	CFRC	CFRC	CFRC	CFRC	CFRC	ポリエチレン被覆PWS	ポリエチレン被覆PWS
主ケーブルの防食	防食ペースト	有	有	有	有	有	有	有		
	ラッピング	丸鋼線	丸鋼線	丸鋼線	丸鋼線	丸鋼線	丸鋼線	S字鋼線	丸鋼線+ゴム	S字鋼線
	送気乾燥除湿								有	有
スプレーサドル架設工法		架設台車	架設台車	架設台車	架設台車	フローティングクレーン	フローティングクレーン	架設台車	フローティングクレーン	フローティングクレーン
パイロットロープの渡海工法		浮子	浮子	フリーハンク	フローティングクレーン	フローティングクレーン	浮子	浮子	ヘリコプター	ヘリコプター
キャットウォーク架設工法	ロープ架設システム	ループ式	ループ式	レシプロ式	レシプロ式	レシプロ式	レシプロ式	大ループ式	レシプロ式	ループ式
	床組架設法	流し工法	台車工法	流し工法	台車工法	流し工法	流し工法	流し工法	分割流し工法	流し工法
主ケーブル架設	架設システム	ループ式	ループ式	レシプロ式	ループ式	レシプロ式	レシプロ式	大ループ式	レシプロ式	ループ式
	架設ライン数	1ウェイ/cw	1ウェイ/cw	1ウェイ/cw	2ウェイ/cw	1ウェイ/cw	1ウェイ/cw	1ウェイ/cw	2ウェイ/cw	1ウェイ/cw
	ストランド滑動対策			側塔			主塔	側塔		
	日当架設t数	106	138	155	124	247	113	71	510	254(第3)
ケーブルスクイズ	マシン能力	100t×6連装	100t×6連装	200t×6連装	300t×6連装	300t×6連装	200t×6連装	200t×6連装	300t×6連装	200t×6連装
ケーブルバンド架設	工法	架設台車	架設台車	架設台車	架設台車	架設台車	架設台車	キャリア	運搬+架設台車	キャリア
	ボルト軸力測定*2)	マイクロメータ	マイクロメータ	マイクロメータ	マイクロメータ	マイクロメータ	マイクロメータ	マイクロメータ	超音波測長	超音波測長
ハンガーロープ架設工法		キャリア	キャリア	キャリア	キャリア	キャリア	キャリア	キャリア	天秤	天秤

*1) 側径間・バックスティ径間の主ケーブル応力を下げるために付加されるストランド。

*2) バンドボルトの弾性伸びからボルト導入軸力を計測する方式。

キャットウォークをケーブル架設用の足場として機能させると同時に、主塔のセットバック手段として利用することが試みられ成功をおさめた⁵⁾。これには、当時ようやく普及し始めた大型計算機により、複雑な構造解析が可能となったことによるところが大きい。

2.2 キャットウォーク骨組形状

キャットウォークを構成する主要な部材は、空中に張り渡されたキャットウォークロープであるが、これだけでは力学的な剛性が不足するため、一般的に、ハンガーロープを介してストームロープが取り付けられる。このストームロープにプレストレスを与えることにより、ケーブルトラス構造が形成され、厳しい気象条件に耐え、安全で安定した作業がおこなえるキャットウォークシステムが完成する。

関門橋では、第1図a)に示すような斜めハンガーをもちいたキャットウォークシステムが採用された⁴⁾。しかし、キャットウォークシステムを構成する各ロープの調整が複雑で、施工性に課題が生じたため、因島大橋では第1図b)に示すような鉛直ハンガーが採用された⁵⁾。理論上は斜めハンガーのほうが剛性が高くなるが、鉛直ハンガーとしても、実用上とくに問題とはならなかった。それ以降の吊橋では鉛直ハンガーが主流となった。

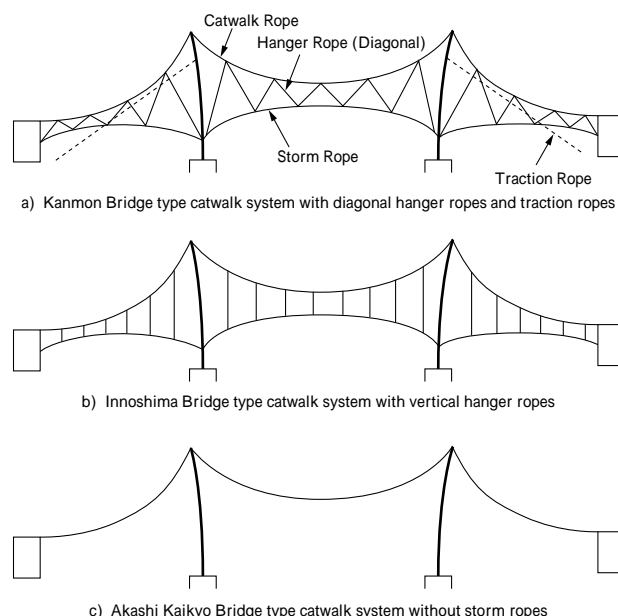
ストームロープを有するキャットウォークシステムは、主として鉛直方向の変形を制御するために効果的であり、ストランド引き出し時のキャットウォークの沈み込みをバネ効果として吸収し、作業者の移動などによる水平振動を制御するなど安定した足場を維持するために大きな役割を果たしてきた。

しかし、中央支間長が約2000mもある明石海峡大橋に至っては、ストームロープのライズ/スパン比は小さくなり、プレストレス効果が極端に減少する。そして、ストームロープは重量だけの効果となり、キャットウォーク全体の重量が極度に増大することがわかった。そのため、明石海峡大橋では、第1図c)に示すようなストームロープのないキャットウォークシステムが初めて採用された。ただし、ストームがなくとも揺れにくいように制振装置が付加された⁶⁾。

ストームロープをなくすことにより、キャットウォークの軽量化、キャットウォークロープ引出し設備の簡素化、キャットウォーク架設工程の大幅な短縮が図られることになった。来島大橋では、中央径間600mと関門橋並みの規模である第一大橋をふくめて、中央支間長1000m級の第二、第三大橋のすべてに明石海峡大橋と同様、ストームロープのないキャットウォークが採用された。

2.3 解析技術

明石海峡大橋以前のキャットウォークシステムは、前述のように、キャットウォークロープ、ハンガーロープ、およびストームロープから構成され、構造全体としては一種のケーブルトラス構造が形成されている。キャットウォークは、主塔のセットバックをおこなうとともに、キャットウォークロープ形状をケーブルストランドのフリーハンク形状にほぼ一定間隔に沿わせるように設定す



第1図 キャットウォークの骨組形状

Fig. 1 Framework of catwalk

る必要がある。

しかし、キャットウォークにはクロスブリッジなどの集中荷重が設置され、ハンガーロープの張力抜けなどが生じるため、形状要求を満足するように各ケーブルトラス要素の無応力長さを決定することは、一般に、容易なことではなかった。いっぽう、各種荷重下で、設計上規定されるケーブルトラス要素の安全率を満足できるか否かを照査する必要があるが、変形と張力の変動が大きなケーブルトラスの変形解析にも、同様の難しさがあった。

これらのニーズに対応するため、当社では、キャットウォーク形状決定解析法⁷⁾⁸⁾、キャットウォーク変形解析の近似解法⁹⁾¹⁰⁾、および厳密解析法¹¹⁾などケーブルトラス構造の解析法を追求した一連の研究をおこなってきた。

キャットウォークの設計にあたっては、まず、ロープ断面を仮定して形状決定をおこない、次に、近似解析法によるロープ安全率の照査をとおして断面修正を繰り返しておこなって、ロープ断面を決定したうえで、厳密解析法による最終照査をおこなってきた¹²⁾。これにより、CPU単価が高価であった時代にも、効果的にキャットウォークの設計がなされてきている。

近年、パソコンの発達がいちじるしく、大型モデルの解析にも対応が可能となった。そこで、最近では、本社事務所での設計および現場事務所での設計修正に共通して使用できる三次元大変形解析プログラムを自社開発し、実用に供している。以下に、その概要を紹介する。

このプログラムはEasyFrameと称し、吊橋や斜張橋などの大規模なケーブル系三次元構造の有限変位解析をパソコンでおこなうことができる。その特徴は以下のとおりである。

- (1) 非線形解析法として収束性の高いNewton-Raphson法をもちい、大規模連立方程式を効率的なSkyline法により解いているため、短時間で計算結果をえられる。
- (2) 部材力の算定に後藤による厳密解¹³⁾をもちいてい

るため、荷重増分の大きさによらずつねに同一の安定した高精度の解をえられる。

(3) 解析途中で任意の部材を追加したり削除したりする機能を有しており、架設ステップごとの挙動を追跡することが可能である。

(4) プリ・ポスト機能を有しており、モデル作成から、解析、結果処理までの一連の作業を1台のパソコン上でおこなうことができる。

この EasyFrame は、これまで吊橋の全体解析をはじめ、斜張橋の設計や現場ケーブル張力調整にも応用されている。

3. 主ケーブルの架設

3.1 PWS 工法

PWS 工法は、あらかじめ工場でワイヤ素線を束ねたストランドをつくり、これを現地でキャットウォーク上を引出し架設する工法で、安定した品質のケーブルと架設工期の短縮がはかられるという利点を有している。

ストランドのサイズは、架設工期の短縮の面からは大きいほうが望ましいが、リール巻きをする必要があることから無闇に大きくすることはできない。

ストランドのワイヤ素線径は、リールへの巻取り性を考慮して、5mm 級が標準となっている。また、ストランドを構成するワイヤ素線本数は、関門橋では 91 本が採用されたが、本四連絡橋最初の吊橋である因島大橋では、工程短縮を図るため 127 本に増やしており、その後の吊橋では、127 本構成のストランドが標準となっている。

因島大橋への 127 本構成のストランドの適用にあたっては、事前に、長さ 1 360m、重量 30.7 トンのストランド製作・展開実験を実施し、リール巻取り状況や品質の確認、展開引出し状況や品質、および作業性の確認をおこなっている¹⁴⁾。また、明石海峡大橋では、ストランド長が 4 070m ときわめて長尺になり、それまでの最長実績の南備讃瀬戸大橋のストランド長さ 1 780m の 2 倍を超え、製作・架設の両面で従来の技術のままでは対処できないことが予想された。とくに、長尺化によりリールへの巻層数が増え、現場での展開時にリール内でストランドがはらみ出し、展開が不可能となることが危惧された。そのため、リールの巻径や巻層数、および巻取り時張力などの検討・改良をおこない、全長 4 000m の PWS 製作・展開実験を実施し、製作・架設法の確認をおこなっている¹⁵⁾。

工場製作され、現場に輸送されたストランドは、ストランド展開用のアンリーラにセットされ、架設ラインに配置されたローラ上を引出される。その後、ストランド

は、塔頂・橋台部で仮引き架空され、引出しラインからケーブル中心に移設される。そして、各サドル部に整形して収めた後、径間ごとに架空形状が微調整され、ストランド端部はアンカーフレームに固定される。

架設時の大きな課題は仮引き張力が大きいことであり、明石海峡大橋では 700kN にも達した。超大型の仮引き装置を開発するとともに、特殊大型クランプを開発して対応したが、作業には細心の注意を要した。

次に、架設の完了したストランドは、所定の目標形状に詳細調整する必要がある。詳細調整作業は、気温およびストランド温度が安定する夜間に、厳密に形状調整されたストランドを基準にして、被調整ストランドの形状を調整する相対サグ調整法が一般に適用されている。AS 工法にくらべてストランド数が多くなる PWS 工法では、この相対サグ調整の回数が多くなることから、サグ調整を省略または少なくする方法が検討され、試行されている。

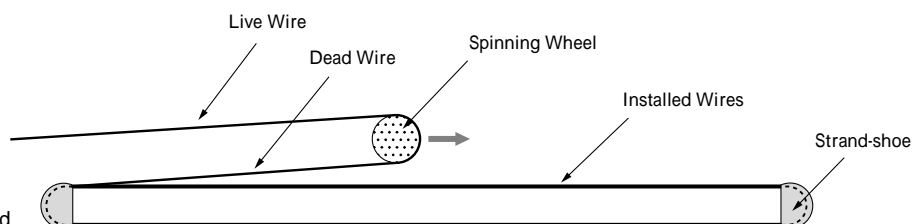
製作時にストランドに精度よく各サドル位置のマーキングを施せば、ストランドに施されたマークと各サドル部でのマークを合わせて架設することにより、夜間の相対サグ調整作業を省略できる。この方法は、南備讃瀬戸大橋の一部ストランドに適用され、良好な結果をえている¹⁶⁾。

また、明石海峡大橋では、ガイドストランドを設置し、これを基準にストランドを架設することで調整精度を上げ、サグ調整を省略する方法が検討されたが、設備配置との関係でガイドストランドの設置が難しいことから採用に至らなかった。

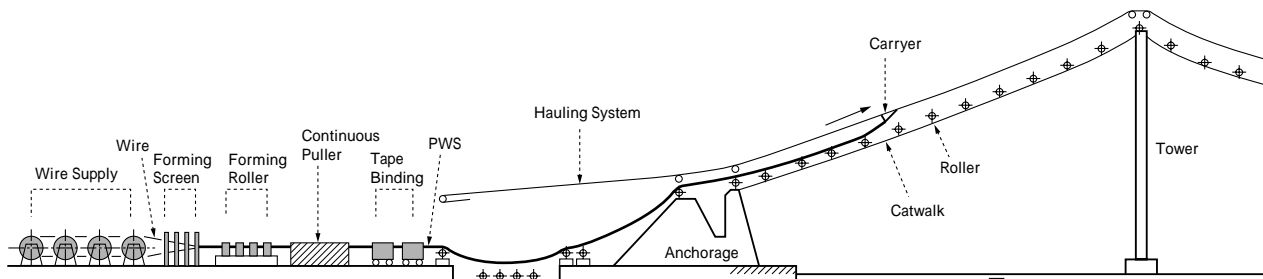
3.2 AS 工法 (エアスピニング工法)

AS 工法の原理は、第 2 図に示すように、現地でワイヤを一本ずつ糸を紡ぐように張り渡し、これを繰り返し、数百本のワイヤに束ねたストランドにし、さらにストランド数十本をまとめてケーブルにする工法である。近代吊橋の原点であるブルックリン橋をはじめ、その後の欧米の長大吊橋のほとんどに採用され、ケーブル架設の主流といえる工法である。この伝統的な AS 工法では、ワイヤをフリーハング張力相当もしくはそれよりも若干高い張力の状態で引出し、引出しを追いかけるように、各径間ごとにワイヤを一本ずつサグ調整をおこなうことから、風の影響を受けやすく、作業効率や稼働率が低く、また品質が低下する。さらに、必要作業量が多いために、多くの作業員を必要とするという課題を有していた。

そこで、ワイヤ架線時のサグ調整を省略し、作業員数を低減する工法として、低張力 AS 工法の開発がおこなわれた。すなわち低張力 AS 工法では、ワイヤのスピニング張力をフリーハング張力よりかなり低い張力 (500



第 2 図 AS 工法の原理
Fig. 2 Principle of AS-method



第3図 現場製作・直接引出し工法
Fig. 3 Site-fabricated PWS method

N/本程度)に設定し、充分な張力コントロールのもとで引出し、キャットウォーク上に配置されたフォーマ内にのせていく。この方法によれば、ワイヤの長さが揃えられ、フォーマ内に整然と架線されることにもなる。このとき、スピニングの往路では、デッドワイヤ(Dead wire)は架設所定位置に、ライブワイヤ(Live wire)はガイドローラに振り分けられる。また、スピニングの復路では、ライブワイヤはガイドローラから架設所定位置に、自動的に移設される。このことにより、ワイヤー本づつのサグ調整は不要で、風の強い日でもスピニングが可能となり、稼働率の向上および作業員数の低減が可能となった。

この低張力AS工法は、下津井瀬戸大橋に適用され、10m/sの風まで通常に近いサイクルタイムでスピニング作業をおこなっている¹⁷⁾。本工法を見学した米国の高名な吊橋技術者Birdsall氏は、本工法を「技術の大きな前進」と評し、米国で紹介している¹⁸⁾。

その後、低張力AS工法は、架設原理はそのままに、ワイヤの品質性能(曲がりくせ)に対処するため、またキャットウォークへのストランド荷重の負担を軽減するため、スピニング時張力を上げるなどのアレンジをおこない、第二ボスボラス橋やデンマークのグレートベルト東橋にも適用されている¹⁹⁾。

4. 今後の課題および対策試案

次期長大橋プロジェクトの実現に対しては、さらなる長大化に対する技術的課題はもちろんのこと、工期短縮・工費低減も強く求められている。以下に、当社の取組んでいる課題および対策試案について述べる。

4.1 PWS工法について

4.1.1 現場製作・直接引出し工法

明石海峡大橋のPWSは、重量約90トン、リールの高さ4.7mにも及び、工場や現場にてハンドリングできる大きさとしては、ほぼ限界にきている。構成ワイヤ素線数を減少させ、ストランドの単位重量を小さくすることは、かえってストランド引出し回数の増加、橋台定着部の複雑化につながり、またリール製作費用、輸送コストも無視できないほど大きくなるため、メリットがない。

そこで、この問題に対する新しい試みとして、現場でPWSを製作しつつ、直接キャットウォーク上へ引出す新工法(現場製作・直接引出し工法:第3図参照)を当社は提案している^{20),21)}。この工法では、リールが不要となり、大重量物の輸送も不要となる。また、太径の

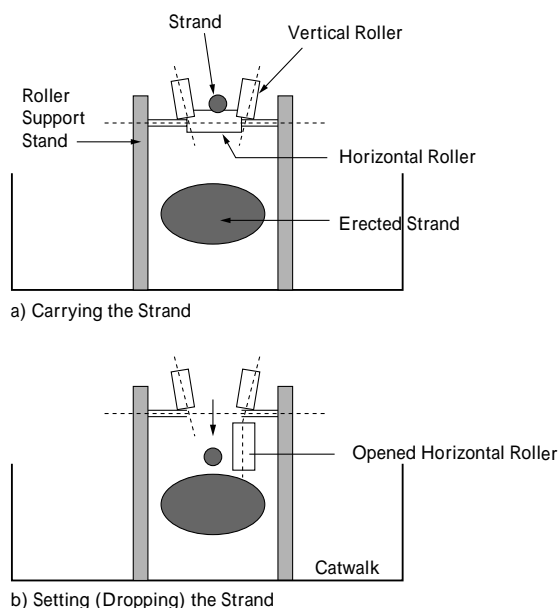
ワイヤの採用を含めて太径ストランドの架設が可能となり、架設工期の短縮が期待できる。工法の実現のためには、ハード面で、コンパクトなワイヤ供給設備・ストランド引出し装置・テーピング装置などの設備の具体化、現場で施工できる端部ソケット定着方法など、ソフト面で、最適なストランド仕様検討や必要品質とその確認法などの課題が残されており、これらを解決していく必要がある。なお、ストランド引出し装置については試作、性能検証テストもおこなわれ、良好な結果をえている。また、端部ソケット定着法は、ワイヤ端をボタンヘッド加工して定着するDINAアンカーが適用可能と判断し、施工試験も実施している。

4.1.2 仮引き移設作業の省略

キャットウォーク上に引出されたPWSは、仮引き架空され、サドル内の所定の位置に移設される。明石海峡大橋の場合、仮引張力が700kNにもなり、大型仮引装置および特殊大型クランプが必要であった。仮引クランプは、くさび機構を有しているものの原理的には摩擦力のみに頼っているため、滑りに対する安全対策が大きな課題となっている。今後吊橋の大型化が進めば、仮引き移設作業は、より大きな問題となる。

また、大張力でおこなう仮引き移設作業が、PWSの夜間引出しをおこなえない理由の大きな要因ともなっている。

この問題に対処するための試案として、以下の案を示



第4図 PWS 落とし込み工法案
Fig. 4 PWS dropping method

す。すなわち、第4図に示すようにPWSを主ケーブル直上に引出し、引出し完了後、所定位置に落とし込む。この方法によればPWSを架空する必要がなく、したがって仮引作業が大幅に省略されることになる。そして、サドルへの整形移設もわずかな力で仮引のみでよい。この工法を具体化するにあたっての懸案事項としては以下のことが挙げられるが、対処としてはいずれも大がかりにならず、実現が可能である。

- (1) 活荷重、風荷重によるキャットウォークシステムと既設PWSとの干渉
- (2) ライン引出し時のホーリング設備の干渉
- (3) 引出しローラ兼落とし込み機構の配置間隔および構造詳細
- (4) 落とし込み作業の作業員の配置

4.2 AS工法について

AS工法は、ケーブルの製作、輸送費用の面でPWS工法よりも有利であるが、ワイヤをせいぜい2~4本ずつしかスピニングすることができないため、工期が長くなるという欠点がある。

この欠点を補うものとして、ワイヤの太径化の試案を検討している。たとえば、ワイヤを従来標準とされていた5mm鋼線より、断面積がほぼ2倍となる7mm鋼線を採用すると、1日あたりの架設重量を倍増、つまり架設工期の半減が期待できる。7mmクラスのワイヤは、斜張橋用ケーブルのワイヤとして一般的でありハンドリング性は問題ないと判断される。

4.3 アンカースパン張力調整について

アンカースパンのストランド張力調整は、シム板を挿入することにより実施する。従来の工法では、PWSソケットを油圧ジャッキにて引き込むことによりその張力・伸び曲線を求め、実導入張力を推定する。そして、その結果をもとに調整シム板を決定していた。この方法では、シム板の出し入れに必要なストロークよりも大きく引込む必要があり、スプレーサドル部でストランドが滑ることがあった。その結果、ストランドに型くずれが生じることがあり、その修復に多大な労力が費やされていた。

しかし、当社は最近新しいケーブル張力測定方式(張力・曲げ剛性同時推定法)を開発しており²²⁾、この測定法がストランド張力測定にも適用可能である。この測定法をもちいれば、張力測定のための余分な油圧ジャッキ操作を必要とせず、ソケットの引込み量はシム板の挿入代だけとなり、サドル部での滑りを発生させないことが可能となる。

むすび=34年間にわたる当社の吊橋ケーブル架設技術、とくにキャットウォーク設計とケーブル架設とについて総括したうえで、将来の超長大橋への課題抽出と対策試案とを示した。これらを、今後、より一層具体化していくことにより、ケーブル架設面での工期短縮・コスト低減の要求に応えていくことが可能になると信じるものである。

また、最近では、耐風安定性を向上させる目的で、ケーブル間隔を塔頂部と支間中央部で変化させる、いわゆる三次元サグケーブルが注目を集めているが、これについても、韓国の永宗大橋の技術援助をとおして、現在、ノウハウを蓄積しつつある。このような未経験分野にも積極的に取り組み、今後とも、吊橋ケーブル架設技術全般にわたる研究開発にいっそうの磨きをかけていきたいと考えている。

最後に、これまでご指導いただきました施主のかたがたをはじめとする関係各位に心から謝意を表します。

参考文献

- 1) 三田村武ほか：橋梁と基礎，Vol.32 No.12 (1998)，p.33.
- 2) 三田村武：大阪市立大学学位論文，(1994)
- 3) 土木学会：吊橋「技術とその変遷」，(1996)，p.103.
- 4) 中島保彦ほか：R&D 神戸製鋼技報，Vol.23 No.1(1973)，p.68.
- 5) 三田村武ほか：R&D 神戸製鋼技報，Vol.32 No.4(1982)，p.4.
- 6) 河口浩二ほか：本四技報 Vol.19 No.74 (1995)，p.11.
- 7) 波田凱夫ほか：建築学会論文報告集，212号 (1973)，p.37.
- 8) 中西 宏ほか：建築学会論文報告集，238号 (1975)，p.13.
- 9) 岡田 勝ほか：土木学会第30回年次学術講演会概要集，I-202 (1975)，p.418.
- 10) 岡田 勝ほか：土木学会第31回年次学術講演会概要集，I-78 (1976)，p.127.
- 11) 波田凱夫ほか：R&D 神戸製鋼技報，Vol.23 No.1(1973)，p.94.
- 12) 三田村武ほか：日本鋼構造協会構造工学における数値解析シンポジウム論文集，第18巻 (1994)，p.345.
- 13) 後藤茂夫：土木学会論文報告集，335号 (1983)，p.1.
- 14) I. Konishi : Annals of The New York Academy of Sciences，Vol.352 (1980)，p.55.
- 15) 三田村武ほか：R&D 神戸製鋼技報，Vol.38 No.1(1988)，p.46.
- 16) 三田村武ほか：R&D 神戸製鋼技報，Vol.38 No.1(1988)，p.12.
- 17) 角岡正吾ほか：R&D 神戸製鋼技報，Vol.38 No.1(1988)，p.8.
- 18) B. Birdsall : San Francisco Section A. S. C. E Bridge Engineering，(1987)，p.47.
- 19) 山崎康嗣ほか：橋梁と基礎，Vol.31 No.5 (1997)，p.15.
- 20) 三田村武ほか：土木学会論文集，No.444 / VI-16(1992)，p.97.
- 21) 三田村武ほか：96本州・北海道架橋シンポジウム論文集，(1996)，p.157.
- 22) 宇津野秀夫ほか：構造工学論文集，Vol.44A (1998)，p.853.