

斜張橋用ノングラウトタイプケーブルシステムの開発

大橋 渡^{*1}・木部 洋^{*2}・中村 茂樹^{*3}・庄司 茂雄^{*4}

1. はじめに

近年、斜張橋はその景観と構造上の利点から数多く建設されており、フランスのノルマンディー橋（スパン 856 m）や多々羅大橋（スパン 890 m）のように、スパンが長大化し、また、鶴見つばさ橋のような 1 面吊り形式により、ケーブル容量が大型化する傾向にある。

一方、500 tf クラスまでのプレファブケーブルを複数本使用して大容量とした例¹⁾も多くあるが、景観上と風振動の点から 1 本の大型ケーブルにする要望も高まっている。しかし、大型ケーブルのプレファブタイプでは、輸送重量の増加や施工機械の大型化は避けられない。

このような現状を踏まえ、従来より使用されていたポストテンション方式の PC 工法である SEEE/PAC システム²⁾を改良して、疲労強度と防食性を高め、斜張橋用のケーブルとして 3 000 tf 級まで現場組立て（セミプレファブタイプ）が可能な、PAC-H 型ケーブルシステムを開発したので、ここにその概要を報告する。

2. PAC-H 型ケーブルシステムの概要

本システムの概要図を図-1 に示す。

このシステムの特長は、次のとおりである。

- 1) ケーブルは、溶融亜鉛めっき加工した PC 鋼より線（ストランド）を用いており、グリスを封入し

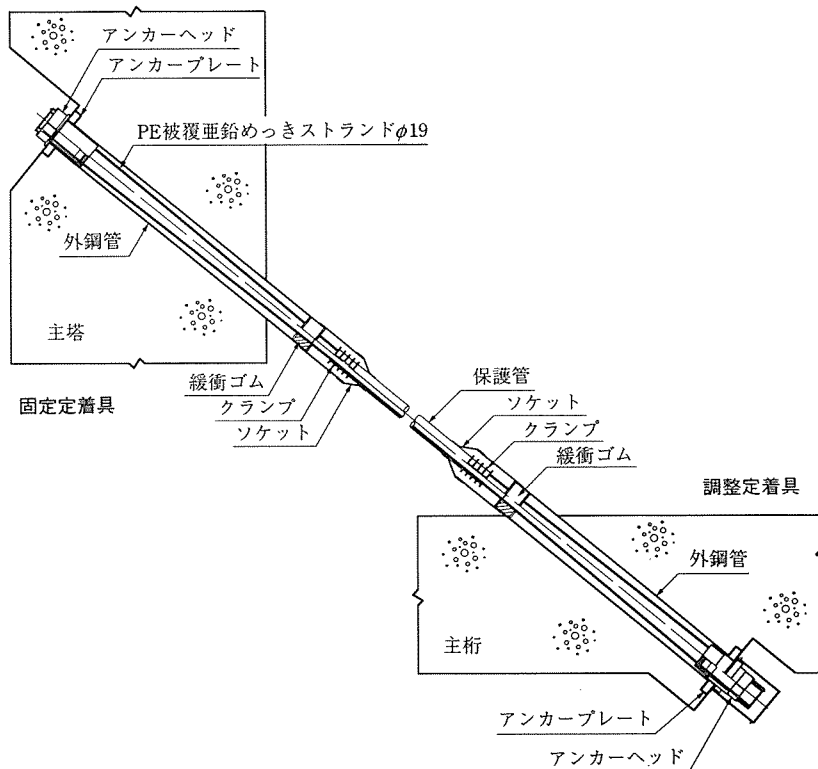


図-1 概要図

*1 Wataru OHASHI : (株)エスイー 技術開発部 部長

*2 Hiroshi KIBE : (株)エスイー 技術開発部 課長代理

*3 Shigeki NAKAMURA : 川崎製鉄(株) 建材事業開発部 課長

*4 Shigeo SHOJI : 川鉄テクノワイヤ(株) 製品開発室 課長代理

表-1 ケーブル標準規格

呼び名	PC鋼より線本数	断面積 (mm ²)	単位質量 (kg/km)		引張荷重 P_u (tf)
			鋼重	PEコーティング	
PAC 19 H	19	2 783.5	22 287	24 472	505.4
PAC 31 H	31	4 541.5	36 363	39 928	824.6
PAC 37 H	37	5 420.5	43 401	47 656	984.2
PAC 43 H	43	6 229.5	50 439	55 384	1 143.8
PAC 55 H	55	8 057.5	64 515	70 840	1 463.0
PAC 61 H	61	8 936.5	71 553	78 568	1 622.6
PAC 73 H	73	10 694.5	87 629	94 024	1 941.8
PAC 91 H	91	13 331.5	106 743	117 208	2 420.6
PAC 109 H	109	15 968.5	127 857	140 392	2 899.4
PAC 127 H	127	18 605.5	148 971	163 576	3 378.2

て、ポリエチレン被覆 (PE 被覆) を施したものである。

- 2) 亜鉛めっきストランドは、JIS G 3536 SW-PR7BL 15.2 mm の強度 (規格引張荷重 $P_u \geq 26.6$ tf) を保証している。
- 3) PE 被覆ストランドを 19 本から 127 本まで束ねて 1 ケーブルとしている (表-1)。
- 4) 1) に示した防食加工を施しているため、架設期間を含む長期防食性を確保しており、束ねた後のケーブルには保護管 (SUS 管または PE 管等) を取り付けることができる。
- 5) PC 工法で多くの実績があるウェッジ定着を用いており、ウェッジの改良と定着具内へのウレタン注入により、疲労強度を高めている。
- 6) 調整定着具はナット固定方式であり、張力調整が容易で、ケーブルの交換が可能である。
- 7) PE 被覆ストランドは、工場において定着部の PE 除去を行い、測長・マーキングされており、ドラムに巻いて搬入することで、施工の省力化を実現している。

3. 主な構成材料

3.1 PE 被覆ストランド

PAC-H 型ケーブルに使用する PE 被覆ストランドは、JIS G 3536 の SWPR7BL の 7 本より 15.2 mm に準拠した溶融亜鉛めっき PC 鋼より線に、グリスを封入し、PE 被覆加工を施したストランドで、その断面図を

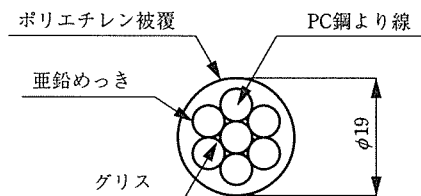


図-2 PE ストランド

図-2 に示す。

(1) 亜鉛めっき PC 鋼より線

亜鉛めっき PC 鋼より線の各仕様として、寸法および許容差を表-2 に、公称断面積および標準単位質量を表-3 に示す。

機械的性質については、JIS 規格をすべて満足した値であり、その規格と今回開発した亜鉛めっき PC 鋼より線の代表例を表-4 に示す。なお、亜鉛めっきは付着量 180 g/m² 以上とした。

製造方法は素線の間径で溶融亜鉛めっきを実施し、その後、仕上径まで伸線 (アフタードロー) することを特長とした製造工程で、その標準工程を図-3 に示す。また、溶接については一切入れないこととした。

(2) ポリエチレン被覆

被覆に使用されるポリエチレンは、高密度ポリエチレンで、カーボン含有率を約 2~3% とした耐候性に優れたものを用いており、グリスは日本建築学会「アンボンド工法用 PC 鋼材と施工時の取扱いについて」³⁾ で示さ

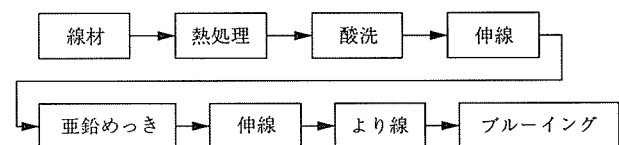


図-3 標準工程

表-2 寸法および許容差

標準径 (mm)	許容差 (mm)	心線径と側線径の差 (mm)
15.6	+0.2 -0.1	0.08 以上

表-3 公称断面積および標準単位質量

公称断面積 (mm ²)	標準単位質量 (kg/km)
146.5	1 173 (1 288)

() 内は PE 質量 + グリス質量を含んだもの

表-4 機械的性質

	引張荷重 (kN)	0.2% 永久伸びに対する荷重 (kN)	ヤング係数 (kN/mm ²)	伸び (%)	リラクセーション (%)*
JIS 規格	261 以上 (26 600 kgf 以上)	222 以上 (22 600 kgf 以上)	-	3.5 以上	2.5 以下
代表値	271 (27 600 kgf)	256 (26 100 kgf)	187 (19 100 kgf/mm ²)	6.1	1.01

注* リラクセーションは初期荷重を規格荷重の 70% とし、1 000 時間後の値である。

◇研究報告◇

れているグリス類の判定基準を満足している。

3.2 定着具

定着具には調整定着具と固定定着具がある(図-4)。

ストランドは定着部がPE除去されており、アンカーヘッドの円錐孔にウェッジ(クサビ)で1本ずつ定着する構造である。この円錐孔は、PE被覆したストランド(外径 $\phi 19$ mm)が通る寸法になっており、アンカーヘッドへのストランド挿入は両側から可能である。

斜張橋用ウェッジは、従来のPC工法用より厚さを増し、ストランドの疲労強度をさらに高めるため、歯型形状を改良した。ウェッジの形状を図-5に示す。

調整定着具は、外周にねじ加工したアンカーヘッドと、定着ブロック、定着ナットおよび内鋼管で構成されている。ケーブルの張力調整は、アンカーヘッドのねじにカプラーを接続し、センターホール型油圧ジャッキで緊張して、定着ブロックに取り付けた定着ナットを回転させて行う。

固定定着具は、アンカーヘッドと内鋼管で構成されている。

桁側の定着具には、水抜きプレートを取り付けており、外鋼管内に入った雨水が排出できる。

ストランドのアンカーヘッドへの定着は、シングルジャッキを用いて1本ずつ行う。この時ウェッジは、シングルジャッキに内蔵された定着ラムによって自動的にアンカーヘッドに圧入されるので、確実な定着が行える。

全本数緊張終了後、各ストランドは平行状態となっている。そこで、塔側と桁側の外鋼管出口でストランドにクランプを取り付けて、束ねることにより、1ケーブルとなる。

定着具の内鋼管内には、PE製のスペーサーを設置し、ウェッジで定着されたストランドを平行に保つことで、ウェッジ先端部のストランドに曲げ応力が発生しない構造とした。また、このスペーサーの個々の穴はトランペット状に加工しており、ストランドに大きな曲げ応力を発生させないようにしている。

定着具の内部には、内鋼管端部にパッキンが組み込まれており、アンカーヘッドの端部側でパッキン用ボルトを締め込み、2液硬化型のウレタンを注入・硬化させて、ウェッジおよびストランドの防食を行っている。また、このパッキンは、架設中の雨水が内鋼管内に入らない役目を兼ねている。

4. 実用化のための諸試験

本システムを実用化するために、各種の試験を行って、健全性を確認している。その試験概要を以下に述べる。

4.1 アンカーヘッドの応力確認試験

アンカーヘッドに発生する応力を確認するため、37 H調整側のモデルを考えて、FEMによる応力解析を行った。その結果、最大主応力の発生する位置は、下面の中央穴付近に生じることが判明した。

次に、19 H調整側アンカーヘッドの厚さを、50, 60, 80 mmに変化させた供試体を製作し、ウェッジと短いストランドを組み込み、250 tf ジャッキで載荷する実験を行った。アンカーヘッド下面には、FEM解析の結果をもとに、2軸ひずみゲージを貼り付けてひずみを計測した。

実験の結果、FEM解析と同様に、中央穴付近に最大ひずみが発生していることを確認した。

実証載荷試験として、19 H, 37 H および 55 H ケーブルの引張試験時に、2軸ひずみゲージを貼り付けて測定した結果、ケーブルの規格引張荷重時でも、アンカーヘッドの応力は材料の降伏点応力以下であり、変形は認められず、アンカーヘッドの健全性を確認できた。

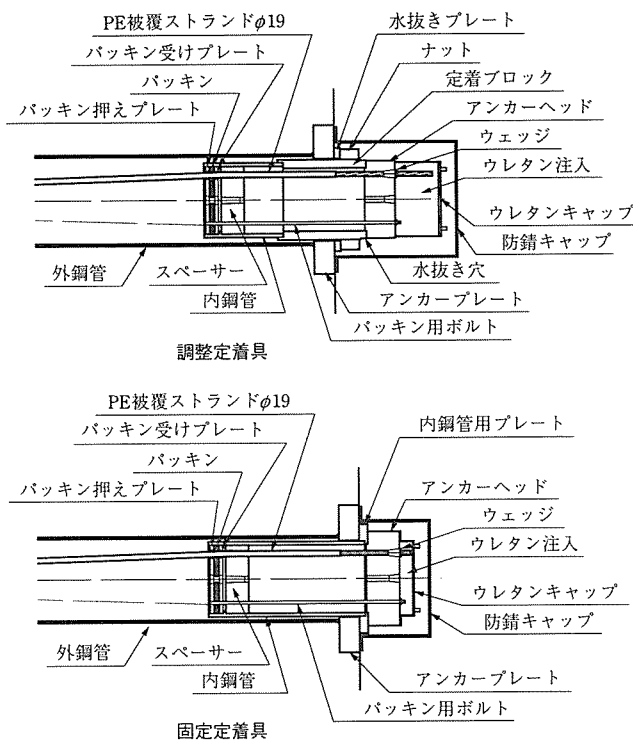


図-4 定着具標準図

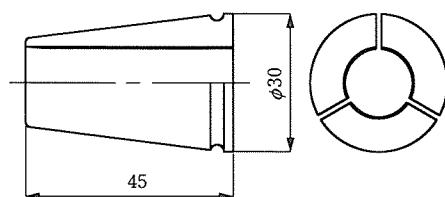


図-5 ウェッジ形状

4.2 ストランドの引張疲労試験

斜張橋のケーブルには、活荷重による繰返し荷重が作用するために、十分な耐疲労性能が要求されるので、ウェッジ定着によるストランド1本の場合の耐疲労性能を確認した。

試験荷重は上限荷重を $0.46 P_u$ (P_u : ストランドの規格引張荷重)、応力振幅を $26 \sim 52 \text{ kgf/mm}^2$ に変化させ、載荷速度 $6 \sim 10 \text{ Hz}$ で $S-N$ 曲線を求めた(図-6)。

これらの試験から、ストランド1本の場合の疲労強度は、 36 kgf/mm^2 以上であることを確認した。

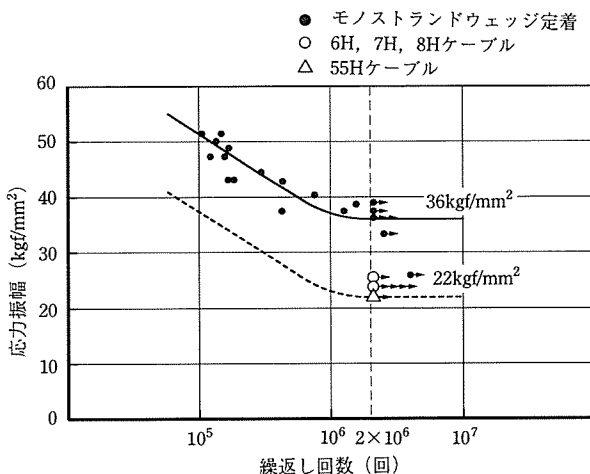


図-6 疲労特性

4.3 ケーブルの引張疲労試験

(1) 試験概要

ストランドを複数本束ねた場合の疲労強度は、一般に、ストランド1本の場合の疲労強度より低下することが知られている。そこで、6~8本のストランドを束ねたケーブルと実物大の55Hケーブルで引張疲労試験を実施した。

ストランド本数6~8本のケーブルは、150 tf 縦型疲労試験機を使用し、供試体長約2 m、上限荷重を $0.46 P_u$ とし、繰返し回数は200万回で5体実施した。

また、55Hケーブルは鹿島建設(株)技術研究所の3000

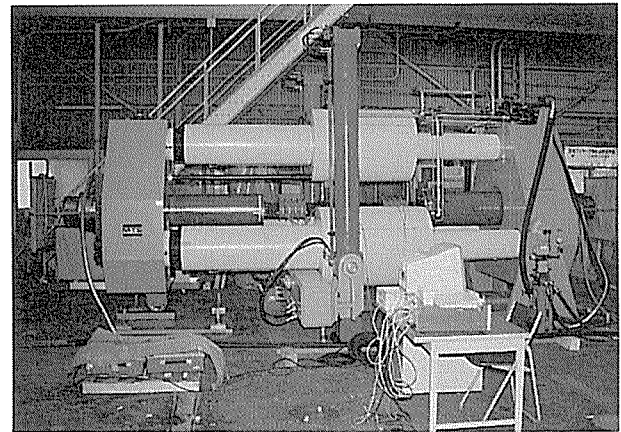


写真-1 55 H ケーブルの引張疲労試験

tf 斜材実大疲労試験機を使用し、供試体長約6 m、上限荷重を $0.45 P_u$ とし、応力振幅 22 kgf/mm^2 、繰返し回数200万回で1体実施した(写真-1)。なお、各試験体ともケーブルを約 1.9° に束ね、定着具内にウレタンを注入した。55Hケーブルでは実橋を想定して、ケーブルを約 42° に傾けた状態でウレタンの注入を行った。

(2) 試験結果

試験結果を表-5に示す。

すべての試験体で、繰返し回数が200万回を終了し、断線率は3.6%以下であった。

55Hケーブルは疲労試験終了後に、残留強度確認として引張試験を行った。その結果、規格引張荷重 ($P_u = 1463 \text{ tf}$) まで載荷して、ストランドが破断することもなく、定着具にも異状は確認できなかった。

これらの試験から、本システムの疲労強度は 22 kgf/mm^2 以上であることを確認した。

4.4 48 H ケーブルの曲げ疲労試験

斜張橋のケーブルには、ケーブルの振動により部材に繰返し曲げ応力が発生する。そこで、本システムの曲げ疲労性能を確認するために、48Hケーブルで曲げ疲労試験を実施した。試験状況を写真-2に示す。

(1) 試験概要

ケーブルの張力は、架設時の最大荷重を想定して軸力

表-5 ケーブルの引張疲労試験結果

供試体 No.	ストランド本数 (本)	断面積 (mm ²)	載荷条件				試験結果	
			上限荷重 F_{max}/P_u	応力振幅 $\Delta\sigma$ (kgf/mm ²)	載荷速度 (Hz)	ストランド偏向角 (度)	最終繰返し数 (万回)	破断素線数*
1	8	1172	0.46	12.9	3.0	1.9	205	0/56
2	8	1172	0.46	25.6	3.0	1.9	203	2/56
3	8	1172	0.46	23.9	3.0	1.9	202	1/56
4	6	879	0.46	23.9	3.0	1.9	200	1/42
5	7	1025.5	0.46	23.9	3.0	1.9	226	0/49
6	55	8057.5	0.45	22.0	0.35	1.9	211	0/385

注* 破断した素線数/全素線数

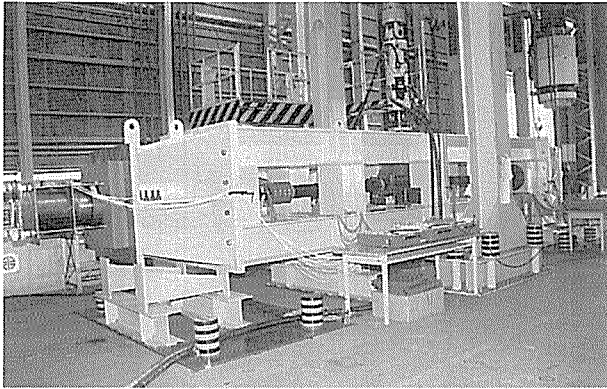


写真-2 48 H ケーブルの曲げ疲労試験

0.6 P_u (766 tf) とした。曲げ角度 $\pm 0.5^\circ$ とし、鉛直変位 ± 26 mm, 繰返し速度 0.52 Hz, 繰返し回数 200 万回まで変位制御により行った。なお、実橋での架設段階を想定し、固定定着具側のみウレタンを注入した。

試験方法は、ケーブル中央部に载荷治具を取り付け、この载荷治具にアクチュエータを接続して、鉛直変位を与えた。

ストランドに発生する曲げひずみは、PE 被覆を一部除去し、7 本より線の側線に 1 軸ひずみゲージを貼り付けて測定した。また、ケーブルの曲げ角度は、変位計を取り付けて、変位計間の距離と変位差から求めた。曲げ疲労試験中は 10 万回ごとに 70 万回までと、100 万回、150 万回、200 万回で静的载荷を行い、応力振幅の変化を測定した。

(2) 試験結果

応力振幅の変化を図-7 に示す。ストランド応力の測定位置は、载荷治具部、固定側クランプ部、両側の緩衝ゴム部、固定側スペーサー部、およびウェッジ先端部である。

最大曲げ応力は緩衝ゴム部で発生しており、その応力振幅は 13~14 kgf/mm^2 であった。試験中には断線が認められず、200 万回を終了した。

—×— 载荷治具 —×— 固定側クランプ □ ウェッジ先端
—◇— スペーサー —△— 固定側ゴム ○ 調整側ゴム部

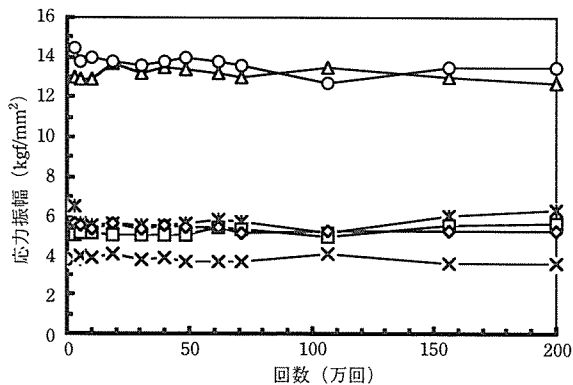


図-7 応力振幅の変化

試験後、ケーブルを解体し、ストランド 1 本ごとの引張試験を行った結果、すべてのストランドが規格引張荷重以上の強度を有しており、曲げ疲労によるストランドの強度低下は認められなかった。また、定着部材も健全であった。

4.5 ケーブルの静的引張試験

アンカーヘッドとウェッジを組み合わせたケーブルシステムが、規格引張荷重の 100% 以上の強度を有していることを確認するために、次のような、静的引張試験を実施した。

(1) 試験概要

19 H ケーブルと 37 H ケーブルは、1 200 tf 横型引張試験機を使用し、クランプの絞り角は、試験機の都合で 19 H が $\theta=0.95^\circ$ 、37 H が $\theta=1.45^\circ$ とした。試験状況を写真-3 に示す。

55 H ケーブルは、引張疲労試験を 211 万回終了した無破断の試験体について、ひきつき残留強度確認として 3 000 tf 疲労試験機で行った。

(2) 試験結果

試験結果を表-6 に示す。最大荷重はすべて規格引張荷重の 100% 以上であり、アンカーヘッドおよび定着ナットには変形等が生じることもなかった。

以上より、ケーブルシステムは十分な強度を有していると判断できる。

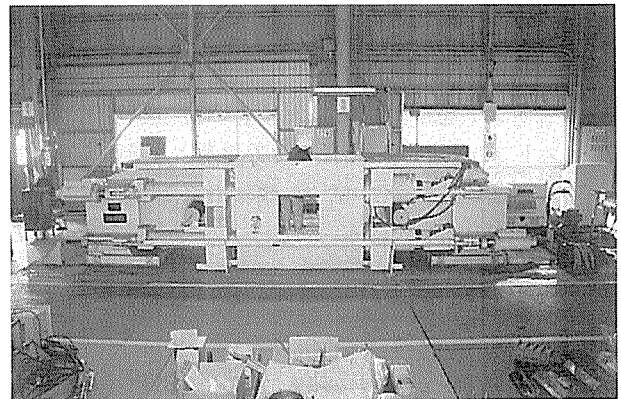


写真-3 19 H・37 H ケーブルの静的引張試験

表-6 ケーブルの静的引張試験結果

	19 H	37 H	55 H*
試験機	1 200 tf 横型引張試験機		3 000 tf 疲労試験機
ストランド本数 (本)	19	37	55
規格引張荷重 (tf)	505.4	984.2	1 463
最大試験荷重	512 tf (1.01 P_u)	1 011 tf (1.03 P_u) で停止	1 463 tf (1.0 P_u) で停止
破断状況	同一ストランドの素線 3 本破断	破断せず	破断せず
定着具	定着ナットは手で回転	定着ナットは手で回転	定着ナットは手で回転

注* 疲労試験後の残留強度確認

4.6 定着部コンクリートの耐力試験

定着用アンカープレートおよび定着部コンクリートの耐力を確認する目的で、定着部破壊強度試験を行った。

(1) 試験概要

31 H 調整側 3 体を 1 000 tf 構造物試験機で、48 H 固定側 2 体と 55 H 調整側 1 体を 3 000 tf 大型構造物試験機を用いて行い、載荷ステップを設定してコンクリートが破壊するまで定着部に載荷した。48 H・55 H タイプ定着部の試験状況を写真-4 に示す。

試験で用いた試験体は、正方形断面を有するブロック試験体で、31 H の調整側試験体は 3 体とも一辺寸法は同じにし、補強鉄筋の形状をスパイラル筋とグリッド筋にした。48 H 固定側の試験体は、補強鉄筋をグリッド筋とし、鉄筋径を変えて製作した。なお、コンクリート打設は試験体を水平に行い、円柱供試体は $\phi 10 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ で養生条件を試験体と同じ気中養生とした。

試験体の補強鉄筋には、1 軸ひずみゲージを貼り付けており、各荷重段階での補強鉄筋のひずみと試験体表面のひびわれ幅を測定した。

(2) 耐荷性能の評価基準

斜張橋用斜材定着部の評価基準として、次のように考

えた⁵⁾。

- 1) $0.4 P_u$ 時 (斜材ケーブルの設計荷重時許容張力)
鉄筋応力度 \leq 設計荷重時許容応力度 $1\,800 \text{ kgf/cm}^2$
- 2) $0.6 P_u$ 時 (斜材ケーブルの施工時許容張力)
鉄筋応力度 \leq 施工時許容応力度 $2\,250 \text{ kgf/cm}^2$
かつ、コンクリート表面のひびわれ幅 $\leq 0.1 \text{ mm}$
- 3) P_y 時 (斜材ケーブルの規格降伏荷重)
過度の変形を伴わずに、荷重を保持できること。
- 4) P_u 時 (斜材ケーブルの規格引張荷重)
荷重を保持できること。

(3) 試験結果

試験結果を表-7 に示す。6 体とも補強鉄筋の応力度は、すべて前述の評価基準に示した許容応力度を下回っており、最大荷重も規格引張荷重以上であった。破壊状況から、コンクリート表面のひびわれは、アンカープレート背面からの距離でアンカープレートの一辺寸法と同じ範囲に集中していた。

文献⁶⁾には、コンクリート強度・補強鉄筋量・部材寸法・支圧板寸法を考慮した定着部のひびわれ耐力および最大耐力評価式が提案されている。そこで、試験体の耐

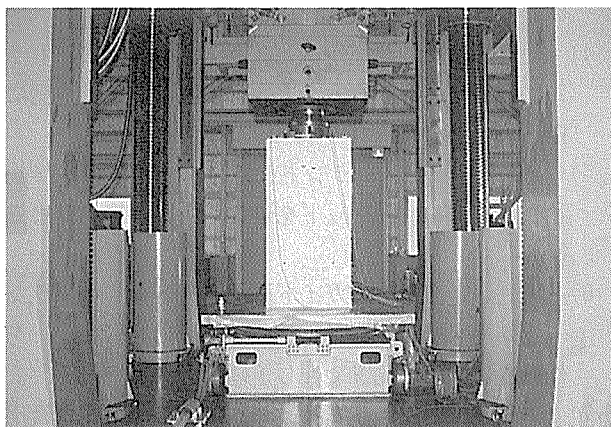


写真-4 55 H 定着部コンクリートの耐力試験

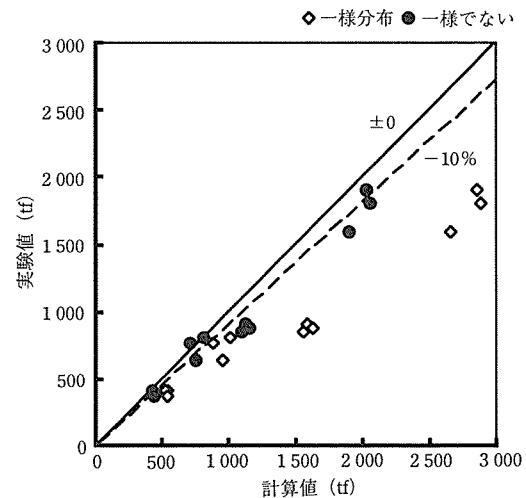


図-8 計算値と実験値の比較

表-7 定着部コンクリートの耐力試験結果

試験体 No.		1	2	3	4	5	6	
試験条件	定着具の種類	31 H 調整側			48 H 固定側		55 H 調整側	
	アンカープレート寸法 (mm)	520×520×70			640×640×95		680×680×95	
	コンクリートブロック寸法 (mm)	700×700×1 400			850×850×1 700		920×920×1 840	
	試験時のコンクリート強度 (kgf/cm ²)	352~360			369~400			
試験結果	鉄筋の応力度	0.4 P_u 載荷時 (kgf/mm ²)	440	630	490	290	360	270
		0.6 P_u 載荷時 (kgf/mm ²)	650	910	740	560	640	560
	コンクリート表面のひび割れ幅	0.6 P_u 載荷時 (mm)	0.06	0.07	0.08	0.04	0.05	0.05
		P_y 載荷時 (mm)	0.5	0.51	0.52	0.04	0.06	0.08
		P_u 載荷時 (mm)	1.32	1.56	1.47	0.06	0.14	0.06
	最大荷重 (tf)	907.5 1.10 P_u	854.3 1.04 P_u	876.5 1.06 P_u	1 596 1.25 P_u	1 900 1.49 P_u	1 800 1.23 P_u	

◇研究報告◇

力を提案式で試算し、実験値と比較すると、本実験で得られたひびわれ荷重・最大荷重は上記提案式のうち、応力分布が一様でない場合の約90%であった(図-8)。

この実験から、本工法も上記提案式を用いることで、支圧板の大きさ・厚さ、補強鉄筋量等を考慮した設計が可能になったと考えられる。

5. ケーブルの架設実験

5.1 ケーブルの架設方法

一般的な現場製作ケーブルの架設は、ケーブル保護管(PE管)の中にストランドを挿入し、セメントグラウトを充填する方法である。しかしこの方法では、保護管内のストランドがクロスする可能性⁷⁾や、風による振動でグラウトが割れる心配がある。

本システムの架設では、シュート方式でストランドを挿入し、緊張後のストランド平行状態を目視で確認して、クランプ・保護管を取り付けるので、ストランドがクロスすることはなく、また、三重防食のためセメントグラウトを必要としない。ストランド架設要領図を図-9に示す。

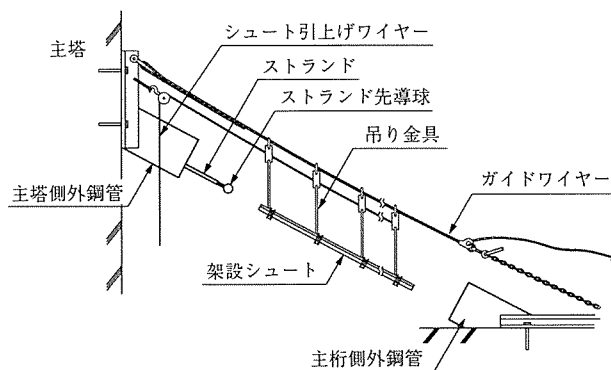


図-9 ストランド架設要領図

5.2 ケーブル架設実験の概要

架設実験として以下の実験を実施した。

実験Ⅰ：Uボルト方式によるストランド挿入・シングルジャッキによる緊張定着・クランプ取付けによるケーブル束ねおよび保護管取付け実験

実験Ⅱ：シュート方式によるストランド送出し・緊張実験

5.3 ケーブル架設実験Ⅰ

ストランド挿入から保護管取付けまでのシステムとしての作業性、安全性を確認する目的で、川崎製鉄(株)千葉製鉄所内でケーブル架設実験を実施した(写真-5)。

実験は19Hケーブルシステムをモデルにして、ケーブル長約20m、ケーブル角度約27°とし、建物を利用して地上から9mの高さに、塔側を想定して鋼管付きアンカープレートと固定定着具を取り付けた。また、地

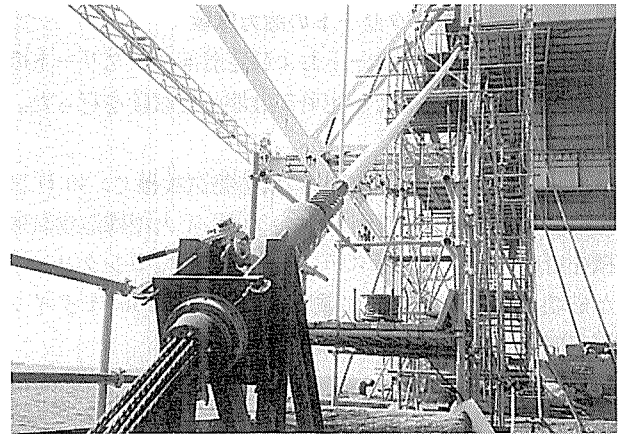


写真-5 ケーブル架設実験Ⅰ

上には厚肉鋼板を設置して、桁側を想定して鋼管付きアンカープレートと調整定着具を取り付けた。

実験の作業手順を以下に示す。

- 1) 塔側鋼管と桁側鋼管の区間に、ガイドワイヤーを張り渡した。
 - 2) 桁側で、ガイドワイヤーに受け板付きUボルトを1m間隔に吊り下げて、引上げ用ワイヤーに固定した。
 - 3) 塔側で、引上げワイヤーを巻き上げて、すべてのUボルトを塔側鋼管出口に位置させた。
 - 4) 地上に設置したプッシングマシンを用いて、ドラムに巻いたストランドをPE管の中を通して塔側に押し上げた。
 - 5) PE管を出たストランド先端に、ガイド棒を接続し、塔側アンカーヘッドを通して塔側鋼管出口まで挿入した。
 - 6) 塔側鋼管出口で、ガイド棒を取り外してストランド先端をUボルトに固定し、プッシングマシンを作用させて、桁側まで押し下げた。
 - 7) ストランド先端にガイド棒を接続し、桁側鋼管出口から桁側アンカーヘッド内にストランドを挿入した。
 - 8) 塔側のウェッジで仮固定し、桁側でシングルジャッキを用いて緊張・定着した。
 - 9) 3)から8)を繰り返して、19本のストランドを緊張した。
 - 10) 塔側と桁側鋼管出口部でクランプを取り付け、ストランドを束ねて1ケーブルとした。
 - 11) 長さ1mのSUS製保護管を、桁側でケーブルに取り付け、リベットで接合しながら上に引き上げた。同時にケーブルと保護管の間には、ポリエチレン製のスペーサーを組み込んだ。
- 以上の手順で、ストランド挿入から保護管取付けまでを終了した。

5.4 ケーブル架設実験Ⅱ

実橋での架設を想定し、シュート方式によるストランドの送出し実験と緊張を実施した。架設シュート取付け図を図-10に示す。

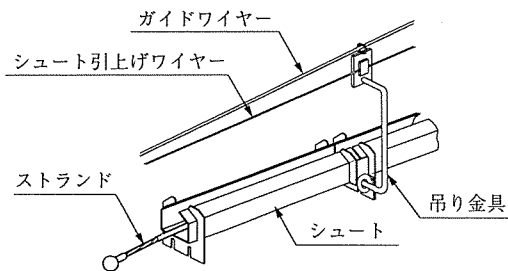


図-10 架設シュート取付け図

シュート方式は、片側が開いた形状の吊り金具下端に上部が開いているシュートを取り付けて、シュート内にストランドを送り出す。緊張されたストランドは、ガイドワイヤーよりもサグが小さくなり、シュートから抜け出る。

実験は、ケーブル長約 70 m、ケーブル角度約 30° とするために、浜名湖サンマリブリッジ（浜名湖競艇企業団）の主塔の側面を利用して、定着具を使用しないでを行った。

実験の作業手順を以下に示す。

- 1) 主塔と地上の間にガイドワイヤーを張り渡し、地上でシュートを組み立てて、ウィンチで主塔側に引き上げた。
- 2) 次に、ドラムに巻いたストランドを、地上に設置したプッシングマシンで、PE 管の中を通して 35 m 押し上げた。
- 3) ストランド先端にプラスチックの球を取り付けて、シュート内を押し下げた。
- 4) ストランドを地上で 2 tf レバブロックで引き込むと、シュート内からストランドが抜け出た。

5.5 実験のまとめ

ケーブル長 20 m と 70 m について架設実験を行い、次のことが確認できた。

- 1) Uボルト方式とシュート方式では、シュート方式のほうが作業性が良い。

- 2) 緊張後のストランド平行配置状況が、目視で確認できる。
- 3) 2組のクランプを用いることで、容易にストランドを束ねることができる。
- 4) ストランドを束ねた後に、保護管を確実に取り付けることができる。

6. おわりに

以上の各種実験を行い、PAC-H型ケーブルシステムは、長大橋にも適用できる見通しが得られた。

現在、本システムを用いた浜名湖サンマリブリッジが施工中で、そのケーブル長は最大 110 m、最大ケーブル容量は 1 300 tf 級 (PAC 48 H) であり、作業性は良好であった。

最後に、本システムを開発するにあたり、有益なご助言を頂いた関係各位並びに試験の実施にご協力頂いた鹿島建設（株）の関係各位に厚く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 中島直彦, 浅見佳久, 鷹尾 武, 山本 徹: わが国最大級の PC 斜張橋の施工, コンクリート工学, Vol. 31, No. 5, pp. 39~47, 1993.5
- 2) 土木学会: SEEE 工法設計施工指針, プレストレストコンクリート工法設計施工指針, pp. 351~422, 平成 3 年 3 月
- 3) 日本建築学会: アンボンド工法用 PC 鋼材の施工時の取り扱いについて, 建築雑誌, Vol. 94, No. 1153, pp. 57~64, 昭和 54 年 7 月
- 4) Post-Tensioning Institute: Recommendations for Stay Cable Design, Testing and Installation, August. 1993
- 5) Seiji Tokuyama, Masato Yamamura, Etsuji Ishibashi Shingo Taniyama: Development of Stay Cable System for Cable Stayed Bridges, FIP Symposium '93, Kyoto, pp. 1405~1412, 1993.10.
- 6) 杉田和直, 服部高重, 最上達雄: PC テンドン定着部の設計法に関する一考察, 日本建築学会構造系論文集, 第 455 号, pp. 175~185, 1994.1.
- 7) 田中茂義, 石川 育, 市橋俊夫, 関 文夫: PC 斜張橋における斜張ケーブルの現場製作, 橋梁と基礎, pp. 21~28, 1991.11

【1996 年 3 月 1 日受付】