

# PC 斜張橋「集鹿大橋」の斜ケーブル再生工事

竹中裕文・小川久志

1999年9月21日発生した台湾集集大地震で被災した集鹿大橋（PC斜張橋）の斜ケーブルを修復する工事を行った。元施工時にケーブルソケット材料の一部を供給したこともあり、台湾当局から復旧に向けた相談があった。工事の計画、実施にあたり、既設の斜ケーブルを最大限に有効活用できる方法を検討した。その結果、工費縮減、工期短縮と併せ、環境に対する負荷低減も図ることができるAPSアンカーケーブルを用いることとした。本報文は、世界でも例のないケーブルの再生工事の概要を述べるものである。

キーワード：海外工事、PC斜張橋、斜ケーブル、資源の有効活用、工費縮減、工期短縮

## 1. はじめに

集鹿大橋は、台湾のほぼ中央に位置する南投縣集集鎮の集集と鹿谷を結ぶ道路に建設されたPC斜張橋で、濁水溪と呼ばれる河川を跨いでいる（図-1）。

本橋は、1999年9月21日に発生した921集集大地震で被害を受けた。地震発生時は建設中であったが、震源地の集集にごく近く甚大な被害が生じた<sup>1)</sup>。主な被害は、

### ① 橋脚と主塔基部のコンクリートの

ひび割れと剥離（写真-1）、

② 主塔と主桁との剛結部における主桁の橋軸方向鉄筋の座屈とコンクリートの剥離（写真-2）、

③ 斜ケーブル1本の脱落（写真-3）

であった。

ケーブルの脱落原因は、脱落したケーブルが張力調整中であつたことと判明した。しかし、その後の調査

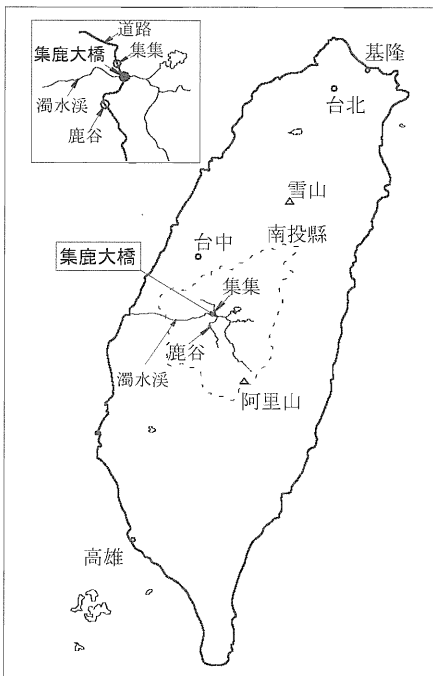


図-1 集鹿大橋位置図



写真-1 主塔基部



写真-2 主桁剛結部

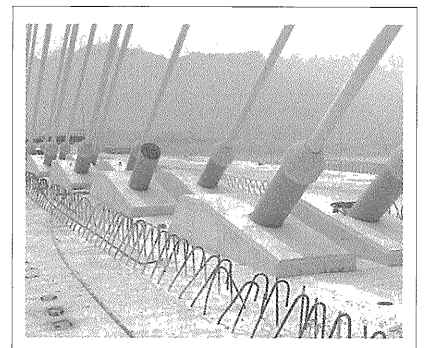


写真-3 ケーブル脱落部

で、斜ケーブルを定着しているソケット部に施工上の不具合が発見された。その数は、全ソケット 136 箇所の内 100 箇所が生じていた。そこで、ケーブルソケット定着部の性能を確保するために集鹿大橋のすべての斜ケーブルを再生する工事を行った<sup>2),3)</sup>。

本報文中では、斜ケーブルの再生方法、および現場施工について報告する。

## 2. 橋梁の概要と斜ケーブルの構造

### (1) 橋梁概要

橋梁諸元を表-1 に、一般図を図-2 に示す。

表-1 橋梁諸元

橋梁形式	2 径間連続 PC 斜張橋
橋長 (支間長)	240 m (120 m + 120 m)
総幅員	24 m
幅員構成	車道 7.75 m (2 車線) + 歩道 1.5 m 上下線
ケーブル種別	PC 鋼より線, 工場集束型ケーブル
ケーブル定着部	APS アンカー
ケーブル本数	34 本 × 2 面 = 68 本
ケーブル長	28.6 m ~ 125.4 m

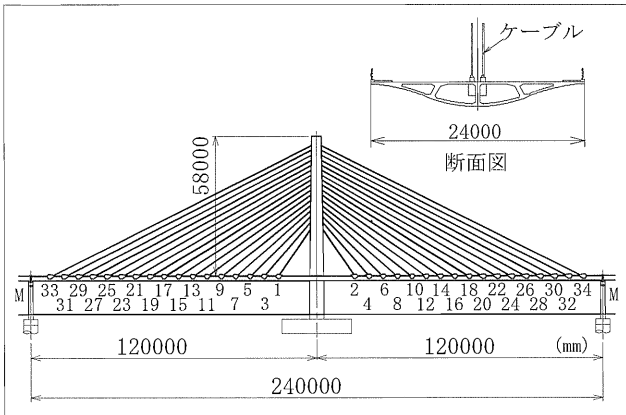


図-2 一般図

### (2) 斜ケーブルの構造

ソケットとケーブルの構造を図-3 に示す。この構造の特長は下記のとおりである。

- ① ケーブルは、素線に亜鉛めっき PC 鋼より線を用い、表面を高密度ポリエチレンで連続押し出し被覆した工場製品のマルチケーブル (図-3) で、高い防錆・防食性能を有している。
- ② PC 鋼より線のソケットへの定着は、PC 鋼より線の端部に圧着グリップ加工を施し、ソケット定着部に設けた蜂の巣状に配置された座削孔に圧着グリップを定着させるものである。圧着グリップの加工は、コンパクトなジャッキを使用し、ソ

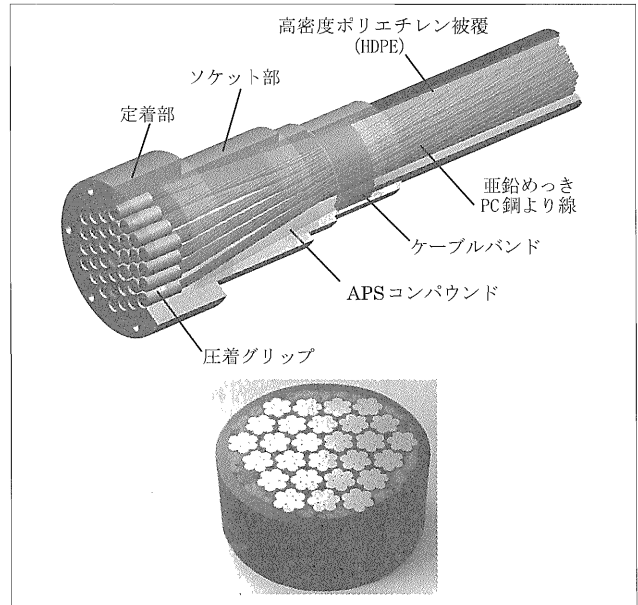


図-3 APS アンカーケーブル構造図

ケットの組立でも特別な機材を必要としないため、現場作業の施工性に優れている。

- ③ 疲労強度を向上させるために、ソケット部に APS コンパウンド (エポキシ樹脂) を充填している。

## 3. 施工上の不具合と再生の方法

ケーブルの施工における不具合は、以下のとおりである。

- ① 疲労強度を向上させる目的でソケットに充填するエポキシ樹脂が充填されていない。
- ② PC 鋼より線がソケット部付近で剥き出しになっており、防食されていない。
- ③ PC 鋼より線を定着するための圧着グリップが正しく施工されていないため、PC 鋼より線が確実に定着されていない。

ケーブルを健全な状態に再生するために製作、工費、および工期の観点から評価を行った。表-2 に比較検討結果を示す。総合評価から A のケーブル転用、ソケット現場取替え案に決定した。

本橋のケーブルの種類は、3 タイプ (PC 鋼より線の本数が 37 本, 43 本, 55 本) ある。したがって、ケーブルの転用は、図-4 に示すようにタイプごとに長さの長いケーブルを下段の短い側に移設させることを行く。また、既設ケーブルの転用にあたっては、PC 鋼より線の強度試験を行って所定の基準強度を満たしていることを確認した。

作業手順は、ケーブルを取外した後、新規取付け位

置のケーブル長に合わせて切断してケーブルを完成させた後、移設先のケーブルを取外して架設を行うこととなる。移設先ケーブルの長さを正確に実測すること

が重要であるため、移設先のケーブルを取外した後に、ピアノ線を張り渡して定着間の距離を計測することとした。

表一2 ケーブル再生方法の検討および評価

修復案		検討		評価	総合評価
A	ケーブル：転用 ソケット：現場取替え	製作	・不具合のあるソケットのみを製作して交換する。 ・新たに製作するケーブルは12本。	○	○
		工費	・必要最低限のケーブルとソケットのみを製作すること、現場でソケットを取替えるので最も安価。	○	
		工期	・ケーブルを取外した後にソケットを取替えるため、新規製作と比較して現場工期が必要。	△	
B	ケーブル：転用 ソケット：工場取替え	製作	・不具合のあるソケットのみを製作して交換する。 ・新たに製作するケーブルは12本。	○	△
		工費	・必要最低限のケーブルとソケットのみの製作であるが、取外したケーブルを工場に搬出してソケットの取替えを行った後、現場に搬入する輸送費が必要となる。2番目に安価。	△	
		工期	・ケーブルを取外した後に工場に搬出してソケットを取替えるため、最も工期が必要。	×	
C	ケーブル、ソケット：すべて製作 ソケット：現場取替え	製作	・すべてのソケットを新たに製作する。 ・すべてのケーブル68本を新たに製作する。	×	×
		工費	・すべてのケーブルとソケットを新たに製作するので非常に高価。	×	
		工期	・現場で多本数のケーブルを並行して製作出来るため、ケーブルを転用する場合と比べて現場工期は短い。	○	
D	ケーブル、ソケット：すべて製作 ソケット：工場取替え	製作	・すべてのソケットを新たに製作する。 ・すべてのケーブル68本を新たに製作する。	×	×
		工費	・すべてのケーブルとソケットを新たに製作するので非常に高価。	×	
		工期	・現状のケーブル長を計測して製作する場合、ケーブルを完成させた後に現場作業を進めることが出来るので、現場工期の最短も可能。	○	

#### 4. 実施にあたっての検討

##### (1) 主桁の支持方法

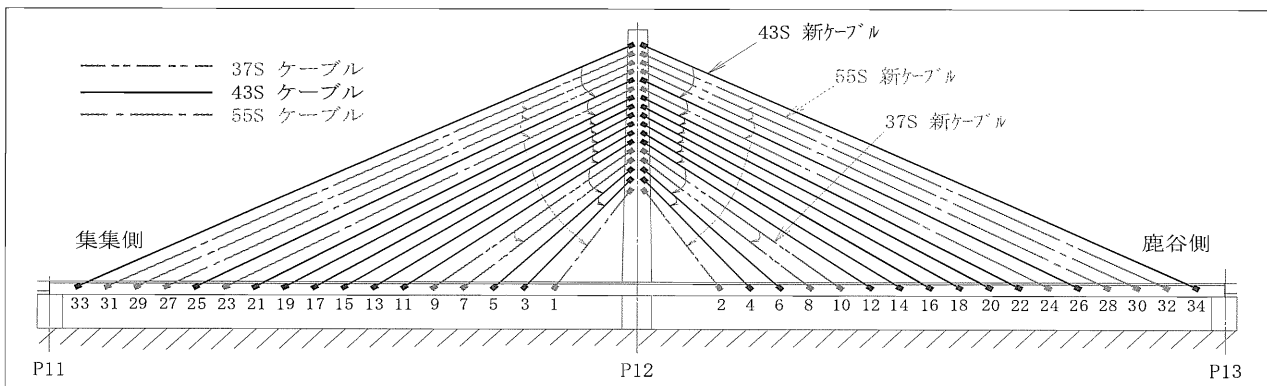
本橋のようなPC斜張橋では、主桁の自重が大きい。したがって、一部のケーブルを取外した場合、主桁に大きな負担が生じるため、あらかじめベントで主桁を支えておく必要がある。また、ケーブルの取替えを行う場合、ケーブル定着間距離が変化しないことが望ましい。これらのことから、コンクリート基礎を有する強固なベントを用いて、ケーブル支持点を含めた橋軸方向に約6m間隔で全長にわたって支持した（写真一4）。



写真一4 ベントの設置状況

##### (3) ケーブルの最終張力

完成時におけるケーブルの張力は、詳細設計で定められている。この張力は、主桁に導入されるプレストレスに影響を与えるので、定められた張力の範囲内に



図一4 斜ケーブル転用の要領

納まっている必要がある。しかし、本橋は地震によって想定外の変形が生じているため、所定の張力を導入しても、路面の高さが設計どおりにならないと考えられる。その際、張力の調整を行うことで路面の高さを改善することが考えられるが、大きな地震で被災したことに鑑み、設計で定められた張力を優先することに決定した。なお、管理目標値は±10%以内とした。

(4) 工 程

工事の概略工程を表—3に示す。ベントと足場の撤去、および歩道部縁石のコンクリート補修を含めた工事全体の工期は2004年7月末に決められていたので、ケーブルの補修工事は6月末までに完了させる必要があった。また、アンカーの部品、およびケーブルは日本で製作するため、これらの製作期間を考慮すると、現場作業は4月初めからとなり、ケーブルの修復・交換作業の期間は実質的に3カ月以内とする必要があった。

表—3 全体概略工程

	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月
ケーブル・アンカーの製作、現場搬入	準備									
ケーブル取外し・修復、ケーブル取付け					準備					
歩道部縁石コンクリート補修、ベント・足場撤去										▽完了

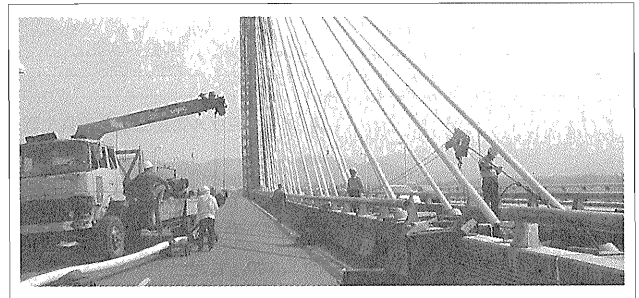
再生するケーブルの本数を考えると、3カ月(90日)という日数は短いと思われた。作業内容を詳細に分析し、ケーブルの取外し、取付けの作業効率を上げて、1日に取付け、取外し可能な本数を多くすることが必要と考え、下記の対応策を講じた。

- ① ケーブルを架設するクレーンは、大きな移動距離を確保出来るケーブルクレーンとした。
- ② 緊張用のジャッキは、大きく、重く、ハンドリングも悪いので、移動距離を少なくするよう、橋梁主桁の全4セル(左右で2セルずつで4セル)にそれぞれ配備した。

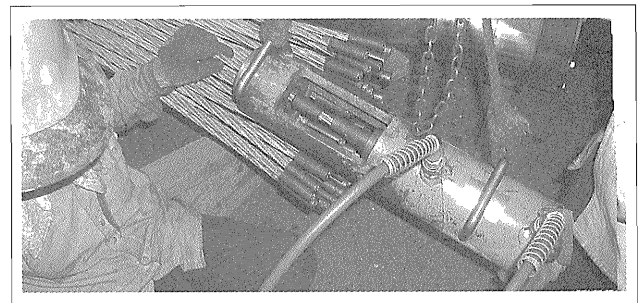
5. 実施施工

写真—5に現場の状況を、写真—6に圧着グリップ加工の作業状況を示す。ジャッキはコンパクト、軽量で持ち運びも容易である。圧着加工を含めたソケットの組立て作業は、特殊な技能を必要としないので、一般の作業員が手順を覚えるだけで施工出来る。圧着グリップが正しく圧着されているかは、写真—7に示す

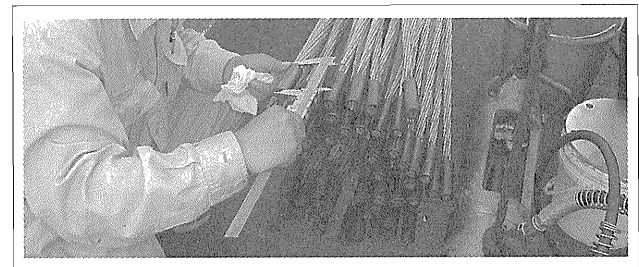
ように、グリップ部の長さを測ることで確認を行うことが出来る。再生の完了したケーブルを写真—8に示す。写真—9にケーブルの取付け状況を示す。



写真—5 現場状況



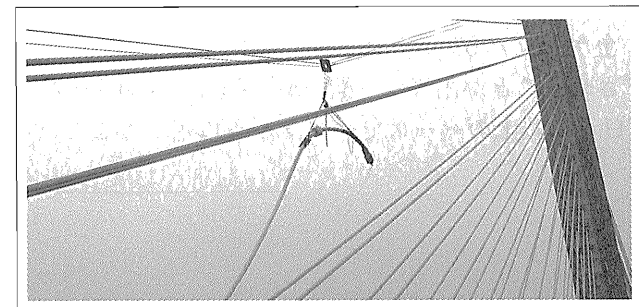
写真—6 圧着グリップの加工



写真—7 圧着グリップの圧着確認



写真—8 再生が完了したケーブル



写真—9 ケーブルの取付け

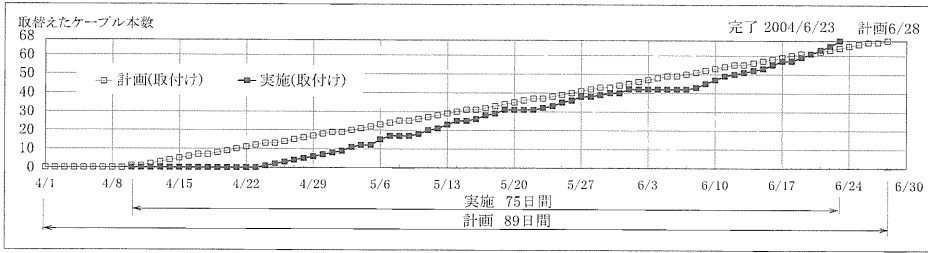


図-5 ケーブル再生工事の実施工程

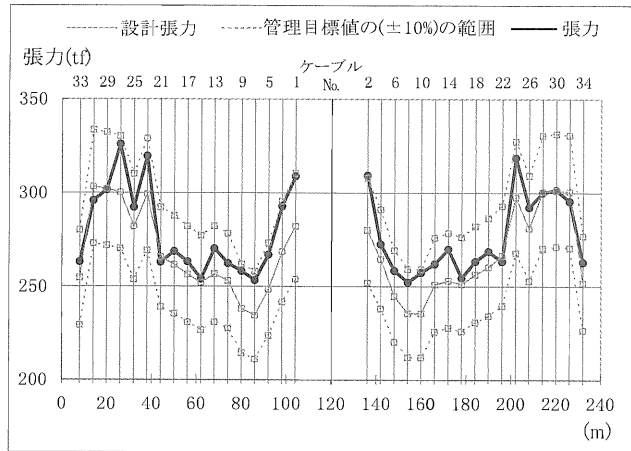


図-6 ケーブルの最終張力 (R側)

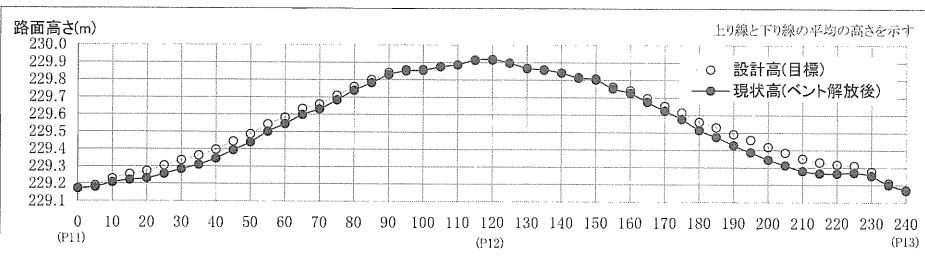


図-7 路面の高さ

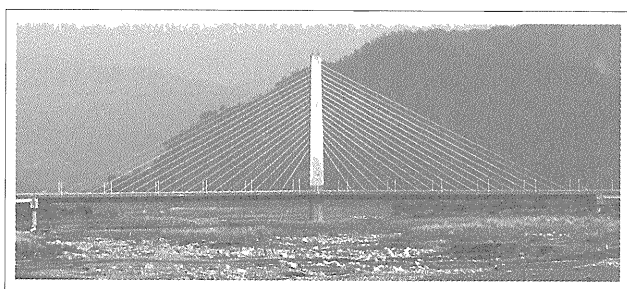


写真-10 再生した集鹿大橋

全ケーブル 68 本の再生を、2 カ月半 (75 日) で完了させることが出来た (図-5)。休日を考慮すると、1 日 1 本以上のペースでケーブルを再生したことな

る。ベント解放後のケーブル張力の R 側を図-6 に示す。L 側も同様に、すべてのケーブル張力が管理目標値の ±10% 内に収めることが出来た。路面の高さは、ベントで支持した状態より最大 70 mm 程度低くなった (図-7)。しかし、支間長の 120 m から考えると下がった量が 1/1,700 程度と小さいため、問題ないものと判断した。写真-10 に再生した集鹿大橋の全景を示す。

## 6. あとがき

本工事は、不具合の部分のみを取替える方法により、健全な部分を最大限再利用し、斜ケーブルの再生が行えたことに意義がある。維持・補修関連分野においても、使用可能なものは最大限再利用して再生するという発想が重要であると考えられる。

JICMA

### 《参考文献》

- 1) 田崎, 幸左, 池田, 小郷: 台湾集集地震で被災した PC 斜張橋 (集鹿大橋) の詳細分析, 構造工学論文集, Vol. 50 A, 2004. 3
- 2) 吳, 謝, 谷岸, 久保, 小川, 小板橋: 集鹿大橋のケーブル修復工事, 橋梁と基礎, Vol. 39, 2005. 04
- 3) 吳, 謝, 馬, 久保, 谷岸, 小川: 集鹿大橋吊索修復工程, 臺灣公路工程, 第 31 卷, 第 11 期, 2005. 05

### 【筆者紹介】



竹中 裕文 (たけなか ひろふみ)  
株式会社ハルテック  
取締役兼執行役員  
技術グループ  
設計部長  
工博



小川 久志 (おがわ ひさし)  
株式会社ハルテック  
技術グループ  
設計部  
技術開発チーム  
サブマネージャー