

集鹿大橋のケーブル修復工事

RESTORATION OF STAY CABLES OF JILU BRIDGE

久保 元生¹⁾ 小川 久志²⁾
 Motoo Kubo Hisashi Ogawa

1. まえがき

台湾で1999年9月21日に発生した921集集大地震で被災した集鹿大橋(PC斜張橋)¹⁾の全ての斜ケーブルを修復する工事²⁾³⁾を行った。修復に至った経緯は、地震後の詳細な調査でケーブルソケットのほぼ全てに施工上の不具合が発見されたためである。弊社は、当初の施工時にケーブルソケット材料の一部を供給しており、台湾当局からの依頼に応じて、復旧方法の立案、必要な材料供給、および現地技術指導を行った。

弊社のケーブルシステム(以後、APSアンカーケーブル⁴⁾⁵⁾と呼ぶ)が、現場でのケーブル製作も可能であることから、その特長を生かして、既設の斜ケーブルを最大限に有効利用する復旧方法の立案を行った。その結果、工費の縮減と環境負荷の低減を実現出来た。

工期については後述するが、68本のケーブルを75日間という短い日数で修復することが出来た。

本稿では、APSアンカーケーブルの詳細について述べるとともに、工事の概要を記述する。

2. 橋梁概要

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橋梁で、濁水溪と呼ばれる河川を跨いでいる(図-1)。橋梁形式は、2径間連続PC斜張橋で、橋長は240m、中央に配置された主塔は、1本柱形式で橋脚、および主桁と一体化されている。ケーブルの配置形状は、1面34本のケーブルを2面、合計68本のケーブルを変形ハープ形に配置している。

表-1に橋梁諸元を、図-2に一般図を示す。

表-1 橋梁諸元

橋梁形式	2径間連続PC斜張橋
橋長	240m
支間長	120m+120m
総幅員	24m
幅員構成	車道7.75m(2車線) + 歩道1.5m 上下線
ケーブル本数	34本 × 2面 = 68本
ケーブル長	28.6m ~ 125.4m

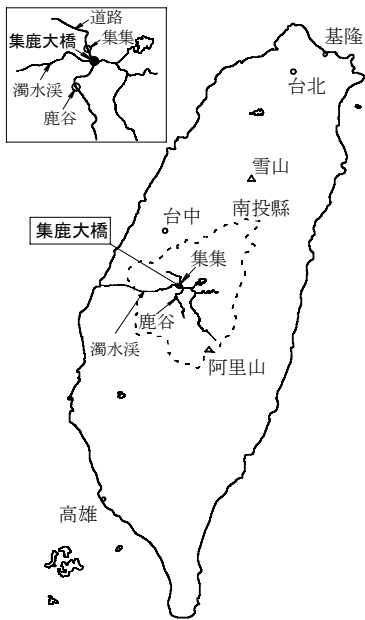
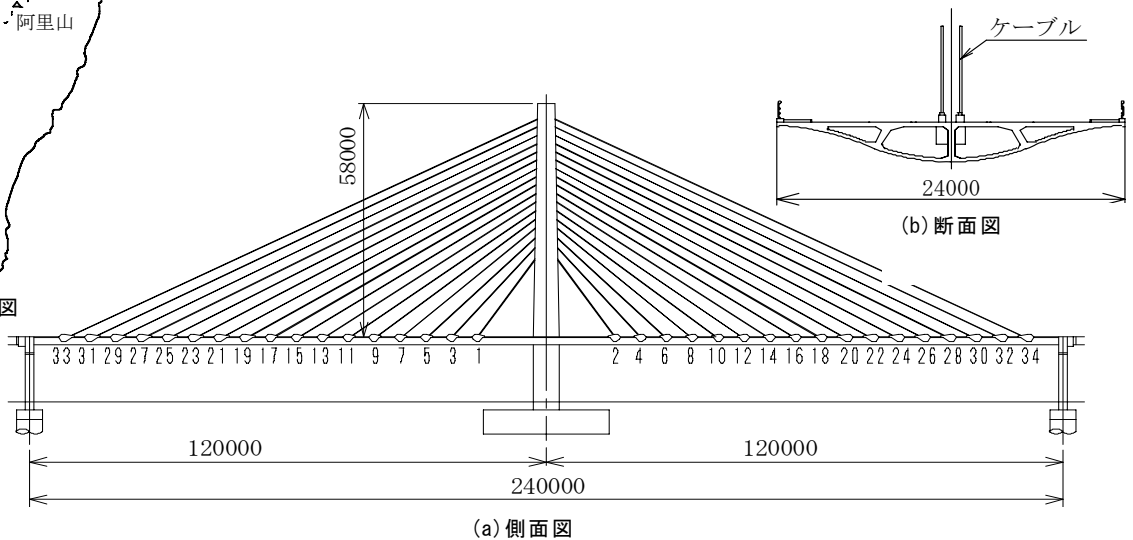


図-1 位置図



(a)側面図

(b)断面図

図-2 一般図

1) 営業グループ 市場開発部 大阪チーム
 2) 生産第二グループ 大阪工場 製造チーム

3. APS アンカーケーブルの構造

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

- ① ケーブルの素線には、ピアノ線より強度の高い PC 鋼より線を用いている。また、PC 鋼より線は、亜鉛めっきを施すことで、高い防錆・防食性能を有している。
- ② PC 鋼より線とソケットの定着は、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納めて定着させている。
- ③ ソケット部に APS コンパウンド(エポキシ樹脂)を充填することで疲労強度を向上させている⁶⁾。

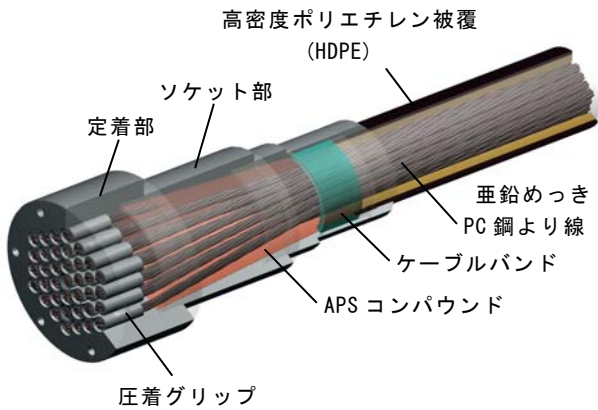


図-3 APS アンカーケーブル構造図

4. ソケット部の不具合状況

施工上の不具合状況を写真とともに示す。

- ① PC 鋼より線がアンカー部付近で剥き出しになっている(写真-1)。
- ・ 図-3 に示すようにソケットの根元までポリエチレンで被覆しなければならないが、被覆されておらず、防錆上問題である。



写真-1 既設ケーブルのソケット

- ② ソケット内にエポキシ樹脂が充填されていない(写真-2)。

- ・ 疲労強度を確保するため、エポキシ樹脂の充填が必要であるが充填されておらず、疲労耐久性上問題である。



写真-2 既設ケーブルのソケット端部

- ③ 正規のシムプレートが施工されていない。また、アンカーが改造されている(写真-3)。

- ・ ケーブルの長さを間違ったため、シムプレートの厚さが正規でないものがある。最低必要な板厚を満足していないため変形しており、強度上問題である。
- ・ アンカーの形状は写真-1 が正規であるが、形状が異なっている。詳細は不明であるが、改造が行われており、所定の強度を有しているか不明である。



写真-3 既設ケーブルのアンカー部

現場でソケットの組立不具合のあるものは、すべてのケーブルの可動側と固定側の両方もしくは可動側に存在しているため、修復の対象となるケーブルは 68 本すべてであった。

5. 修復方法

不具合がソケット部であることから、修復にはケーブルを切断する必要が生じる。各段ごとにケーブルの長さが異なるため、長いケーブルを下段の短い側に転用することが可能である。既設のケーブルを有効に使用することは、資源の有効活用、および工期・工費の観点からも有用であると考えられる。

以上を勘案して行った検討内容と総合評価を表-2に示す。最終的には、主に工費の観点から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、37本、43本、および55本の3タイプで、ケーブル転用の要領を、図-4に示す。なお、長いケーブルから短いケーブルを再生するので、最長のケーブルは新規に製作して現場に搬入する。

工事を実施するためには、台湾での現場施工において下記の条件を満足させる必要があった。

- ① 現地の作業員で、ソケットの取付け作業、および品質管理が容易にできること。
 - ② 現地で組み立てられたソケットが、必要十分な防錆、および疲労強度を有すること。
 - ③ 工期内にすべての修復工事が完了出来ること。
- この点において、APS アンカーケーブルは、
- ① ソケットの取付けに特殊な技能を必要としない。
 - ② 短時間で作業の習得が出来る。
 - ③ 作業手順、および工数が少ない。
 - ④ 段階ごとの品質管理が容易に出来る。
 - ⑤ 高い疲労強度を有している。
- などの優れた施工性および特長を有している。

表-2 ケーブル修復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	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	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	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	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。	○	

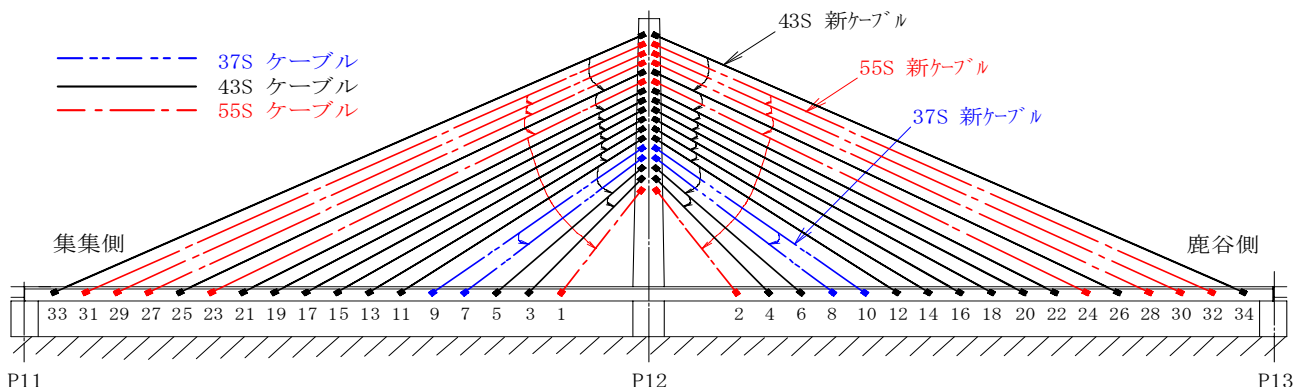


図-4 ケーブル転用の要領

優れた施工性を示す一例として圧着グリップの施工状況と品質管理を説明する。写真-4に圧着グリップの施工手順を示す。コンパクトなジャッキを使用するだけで、定着が可能なので、現場での定着作業が容易である。定着方法は、圧着グリップをダイスに設けたグリップの外径より小さい孔に通して絞り、PC鋼より線に噛み込ませる。作業は簡単で確実な施工ができ、作業による品質のばらつきもない。

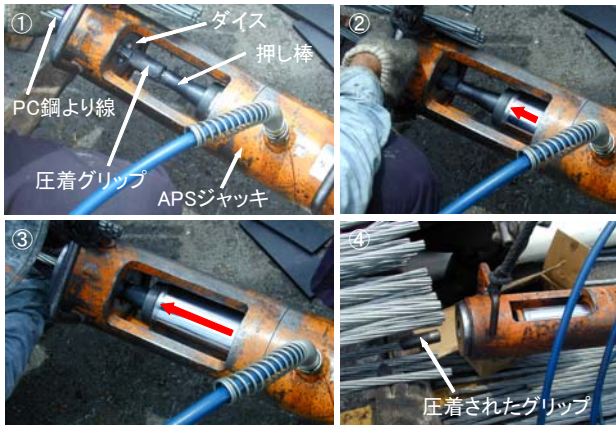


写真-4 圧着グリップの施工手順

圧着グリップが正しく圧着されているかの品質確認は、写真-5に示すように、圧着後のグリップ部の長さを測ることで確認する。



写真-5 圧着グリップの品質確認

6. 実施工事

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、および新規の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、ケーブルの再生・取替作業の期間は実質的に3ヶ月以内とする必要があった。修復するケーブルの本数68本を考えると、3ヶ月(90日)という現場工期は大変厳しいものであった。

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・アンカーの準備	準備									
ケーブル・アンカーの製作、現場搬入										
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

図-5に再生して取替えたケーブルの本数の累積を日付毎に示す。全ケーブル68本の修復を、2ヶ月半(75日)で完了させることが出来た。休日を考慮すると、1日1本以上のペースでケーブルを修復したこととなった。

ケーブルの取替えに際して、主桁全長にわたって強固なベントで主桁を支持し、下記の方針で施工を行った。

- ① 主塔への影響を考慮して、ケーブルの取り外しは、橋軸直角方向から見て、左右対称とした。
- ② 最大、取外してよいケーブルの本数は8本とした。
(既設4本を取外して再生し、その4本を取り替えるために既設の4本を取外した状態。)
- ③ 再生されるケーブルの長さは、転用先のケーブルを取り外した後に、実構造物のアンカー間長をピアノ線で直接計測して決定することで精度の向上を図った。写真-6に再生されたケーブルおよびソケットを、写真-7にケーブルの架設状況を示す。

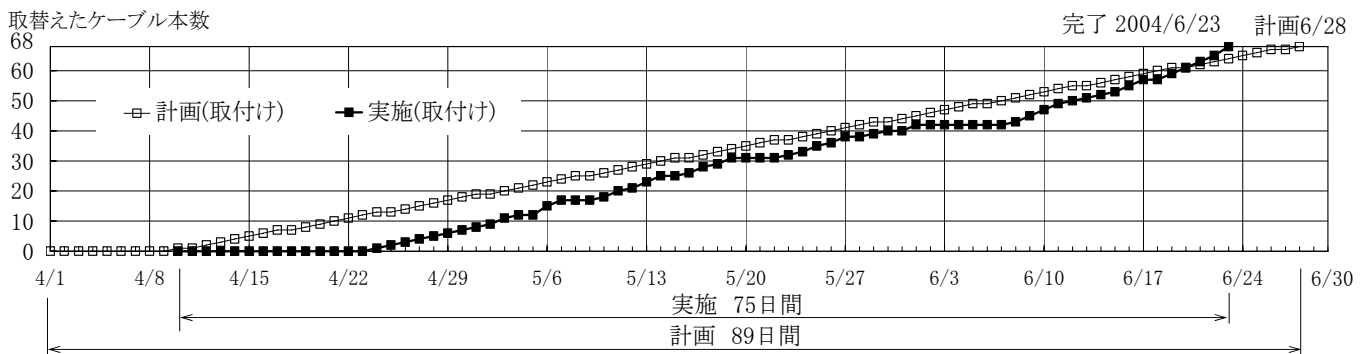


図-5 日付毎に修復したケーブルの本数



写真-6 再生されたケーブル



写真-7 再生し架設されるケーブル

7. 実施工事

ベント解放後のケーブル張力の R 側を図-6 に示す。

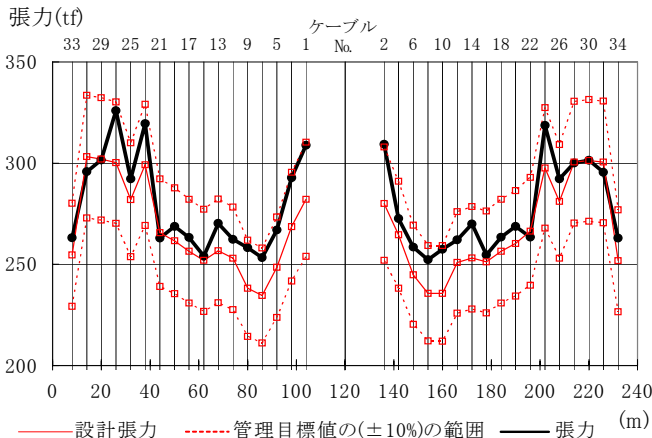


図-6 ケーブルの最終張力

L 側も同様に、すべてのケーブル張力を管理目標値の±10%内に収めた。路面の高さは、計画値より最大 70mm 程度低くなった。しかし、支間長の 120m から考えると下がった量が 1/1700 程度と小さいため、問題ないものと判断した。写真-8 に修復の完了した集鹿大橋の全景を示す。

8. あとがき

本工事は、未知の工事であったが、施工時のトラブルもなく工期内に修復工事を完了することが出来た。特に、健全な部分を再利用して修復を完了したことは意義があると考えられる。他の維持・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は、来るべき維持・補修時代において重要であると考えられる。また、工場に持ち帰って再生を行うのでは、工費や工期の観点から有効利用の実現が出来ないことも考えられる。今後の技術開発において、現場でも簡単に施工でき、かつ必要な品質を簡単に得られるような構造、および工法の確立が重要な観点の一つであると考えられる。

最後に、設計の検討を行う際に有意義な御助言をいただいた株式会社ピース三菱の森拓也氏、および工事に関係したすべての方々に感謝の意を表します。

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.50A, 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, 第三十一卷 第十一期, 2005.05
- 4) (財)先端建設技術センター: APS アンカーケーブル工法 先端建設技術・技術審査証明 報告書 (1998.9)
- 5) 張荻薇, 湯輝雄, 富本信, 寺田直樹, 松本淳司, 福井康夫: 猫羅溪橋の設計・施工, 橋梁と基礎 (2001.10)
- 6) 角谷務, 青木圭一, 富本信, 小板橋誠: PC 鋼より線を使用した斜ケーブルのアンカー性能改善に関する検討, プレストレストコンクリート, Vol.45-No.2 (2003.March-April)



写真-8 修復の完了した集鹿大橋



集鹿大橋全景（施工中）



夜の集鹿大橋