

## 既設PC橋の補強材として21年使用された外ケーブルの解体調査

(一社)プレストレスト・コンクリート建設業協会 正会員 ○北野 勇一  
 (一社)プレストレスト・コンクリート建設業協会 正会員 三本 竜彦  
 (国研) 土木研究所 山本 将  
 (国研) 土木研究所 石田 雅博

キーワード：PC橋，外ケーブル補強，PC鋼材，ポリエチレン被覆

### 1. はじめに

高度経済成長期に集中的に整備された橋梁が一斉に高齢化を迎える中，さまざまな劣化要因による損傷事例が報告され，そうした既設PC橋の性能評価法および補修補強技術の確立が求められている。今回，既設PC橋の補強材として21年使用された外ケーブルを入手し，材料特性に与える経年影響を定量的に把握することを目的に解体調査を実施した。

### 2. 調査方法

対象橋梁は1962年に海岸から約70mの河口上に建設された3連のPC単純T桁橋である。本橋は，1976年より塩害補修が着手され，その後PC鋼材の破断が点検で確認され，1996年に外ケーブル補強が行われた(図-1および写真-1)。2017年には新橋建設に伴い撤去されることになり，その際に外ケーブルF30T×6本とF70T×2本を譲り受けた。

今回用いた外ケーブルはPC鋼材をポリエチレン被覆で防食したものであり，その規格を表-1に示す。調査は外ケーブル被覆材の損傷状況を確認した後，被覆材の損傷が顕著な外ケーブルについて被覆材を取り除きPC鋼材の状況を観察した。また，外ケーブルの偏向部分(図-1のA, C)と直線部分(図-1のB)に切り分け，引張試験を実施した(図-2)。

別途，撤去PC桁を利用し，新調の外ケーブルF40Tの緊張作業を実施した。

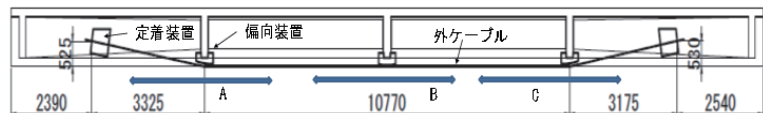


図-1 外ケーブル配置



写真-1 外ケーブル補強状況 (3番, F30T)

表-1 外ケーブルの規格

種類	構成	断面積 (mm <sup>2</sup> )	重量 (kg/m)	引張強度 (kN)	外径 (mm)
F30T	1φ17.8	191.1	1.85	330	25.8
F40T	1φ17.8	208.4	1.95	387	25.8
F70T	7φ9.5	383.9	3.64	686	38.5

\*重量はポリエチレン被覆を含むPC鋼材の1m当りの重量。F40Tは新調。

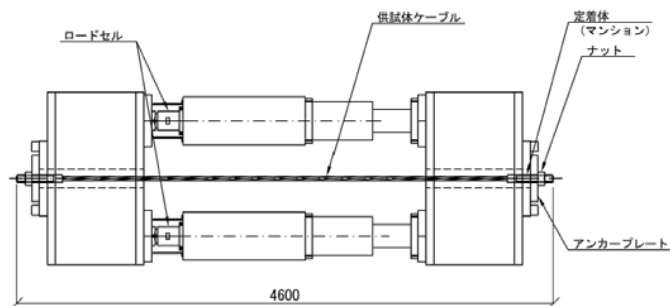


図-2 外ケーブルの引張試験概要図

3. 調査結果

3. 1 外ケーブル被覆材の損傷状況

外ケーブル被覆材の損傷例を写真-2に、深さ0.1mm以上の損傷を集計した結果を表-2に示す。ここで、「擦れ傷」とは被覆材の表面に留まる軽微な傷であり、ケーブルの全長にわたり多数確認された。また、「削れ傷」とは深さ0.1~1.5mmで被覆材に留まる傷であり、主に直線部分で確認された。これらの傷は、損傷形態や位置から施工中のケーブル配線時に生じたと推察される。

一方、外ケーブル被覆材の「えぐれ傷」は偏向部の前後に見られる深さ0.7~4.0mmの傷であり、8番ケーブルではPC鋼材が露出するほどの顕著な損傷も見られた(写真-3)。この原因を追究するため、新調ケーブルを用いて緊張作業を再現した所、外ケーブルが偏向部の端部出口で半割鋼管に過度に接触し、同様な傷が付くことが確認された(写真-4)。このため、今回確認されたえぐれ傷も緊張段階で外ケーブルが偏向部に角当りしたことにより損傷したと判断された。

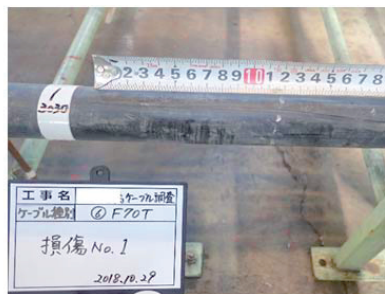
なお、現在の偏向部は外ケーブルの角当り対策として偏向部の長さに余裕を持たせ、緩衝材を用いることが標準化され<sup>1)</sup>、同様の損傷は生じない。いずれにしても、外ケーブル被覆材には施工段階での物理的な傷が見られたものの、経年による変色やひび割れといった外観変状は確認されなかった。

表-2 外ケーブル被覆材の損傷状況

番号	種類	直線部分		定着・偏向部分	
		箇所数	深さ(mm)	箇所数	深さ(mm)
1	F30T	0	—	1	1.5
2	F30T	1	0.1	0	—
3	F30T	3	最大0.9	2	最大1.4
4	F30T	0	—	2	最大0.8
5	F70T	2	最大0.0	0	—
6	F70T	2	最大1.5	1	0.7
7	F30T	0	—	2	最大1.9
8	F30T	0	—	3	最大4.0



(a) 擦れ傷



(b) 削れ傷



(c) えぐれ傷

写真-2 外ケーブル被覆材の損傷例



写真-3 外ケーブルの外観 (8番, F30T)

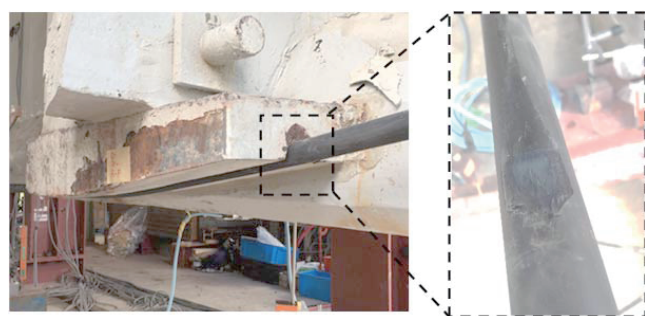


写真-4 新調ケーブルによる被覆材の損傷再現

3. 2 外ケーブル内部PC鋼材の状況

PC鋼材の素線1本が長さ25mmほど露出していた8番ケーブル(前出写真-3)について解体調査を行った結果、内部では素線4本×幅70mmにわたり腐食が広がっていた。また、これよりも軽微ではあるが、



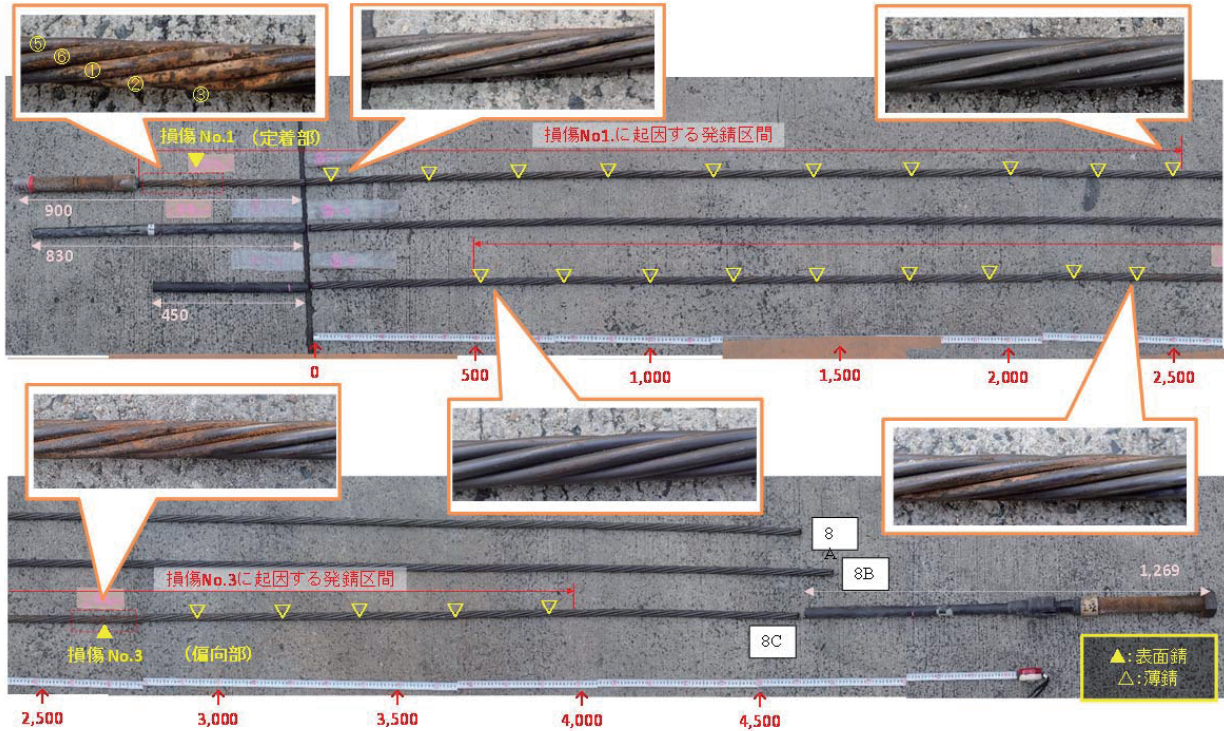


写真-5 内部PC鋼材の状況 (8番ケーブル)

被覆材の損傷部を起点に素線のように沿って2m程度にわたり薄錆が認められた (写真-5)。このことから、損傷部から浸入した水分がPC鋼材の外周素線のように沿って毛細管現象により2m程度の範囲まで伝わっていたと推察される。

損傷No. 1付近を除錆し、素線の最小直径を測定した結果を写真-6に示す。今回確認された腐食の中で最も顕著な箇所においても、PC鋼材の減肉量は最大0.12mm (健全であった素線④・⑤の5.60mmに対し、素線②は5.48mm)であり、腐食の程度としては軽微であった。この8番ケーブルの損傷No. 1は定着部の内部であったこと、損傷No. 3は偏向部の半割鋼管に接していたことで塩分や水分の供給が少なかったと推察される。

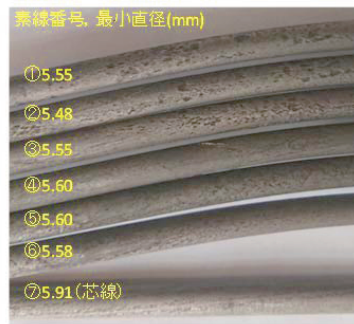


写真-6 除錆後 (損傷 No. 1)

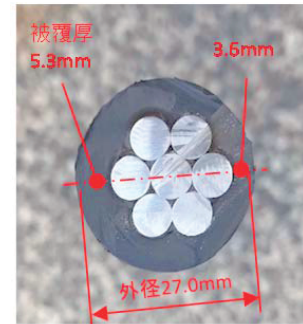


写真-7 切断面の様子 (F30T)

なお、被覆厚が確保されている箇所では、内部PC鋼材が防食されていた (写真-7)。

### 3.3 外ケーブル定着具の状況

外ケーブル定着具の状況を写真-8に示す。保護キャップ内のナットおよびねじ式定着具にはグ

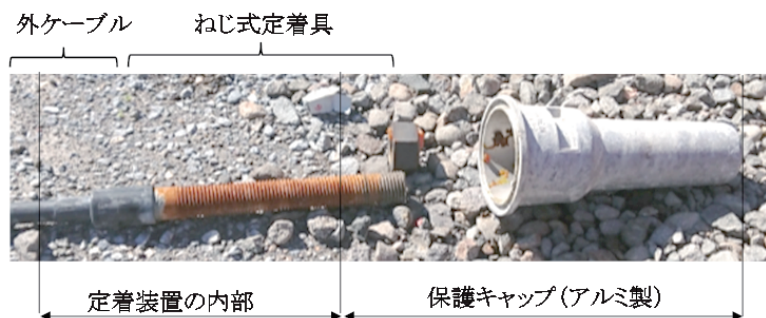


写真-8 外ケーブル定着具の状況

リースが塗布されていたが、定着装置の内部は防錆処理が施されていない、ねじ式定着具が腐食していた。なお、ねじ部は2.5mm (直径で5mm) の腐食しろが考慮されていた。

なお、現在はねじ式定着具を防錆処理することが標準となっている。

3. 4 外ケーブル引張試験結果

今回採取した外ケーブルの引張試験結果を表-3に示す。腐食が見られた8Bおよび8Cを含め、すべての試験体とも引張強度の規格値を上回る耐力を有することが確認された。

本研究および既往研究<sup>2), 3)</sup>を含め、規格値に対する引張強度の耐力比を整理した結果を図-3に示す。引張強度300~1000kNの外ケーブルを最大22年使用された結果に限られるが、外ケーブルの引張強度はいずれも規格値を上回り、明確な経年変化は認められなかった。

4. まとめ

PC橋の補強材として21年使用された外ケーブルの解体調査を実施した結果、次の知見が得られた。

- 1) 外ケーブル被覆材には施工段階での物理的な傷が見られたものの、経年による変色やひび割れといった外観変状は確認されなかった。
- 2) 外ケーブル被覆材の損傷が被覆内に留まる場合は内部PC鋼材が防食されていた。一方、内部PC鋼材の一部が露出した外ケーブルでは被覆材の損傷部を起点に2m程度の範囲で軽微な腐食が確認された。
- 3) 外ケーブル定着具の状況を観察した結果、保護カバー内のナットおよびねじ式定着具にはグリースが塗布されていたが、定着部内には防錆処理が施されていない、ねじ式定着具の発錆が確認された。
- 4) 外ケーブルの引張強度はいずれも規格値を上回り、明確な経年変化は認められなかった。

謝辞：本研究は、土木研究所とプレストレスト・コンクリート建設業協会との共同研究の一環として行われた。また、株式会社エスイーをはじめ、多くの方のご協力を頂いた。ご協力を頂いた関係各位に対し、ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) プレストレスト・コンクリート建設業協会：外ケーブル方式によるコンクリート橋の補強マニュアル (案)，1998.6 ([改訂版]，2007.4)
- 2) 滝慎一郎，和田新，田口絢子，真継章夫：大師PC橋の耐荷力点検報告，第12回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，pp.157-160，2003.10
- 3) 株式会社エスイー：11年使用後の外ケーブル (F100T) の調査報告書，1999.12

表-3 外ケーブルの引張試験結果

種類	使用年数 (年)	部位	試験体	最大荷重 (kN)	耐力比 (%)	ヤング率 (kN/mm <sup>2</sup> )	破断伸び (%)
F30T	21	偏向	8A	354	107	197	5.3
		直線	8B <sup>*1</sup>	>346	>105	186	>5.3
		偏向	8C <sup>*1</sup>	342	104	193	5.1
F40T	0	偏向	10A <sup>*2</sup>	409	106	190	5.5
		直線	10B <sup>*2</sup>	424	110	194	5.1
F70T	21	偏向	5A	718	105	測定できず <sup>*3</sup>	
		直線	5B	714	104	測定できず <sup>*3</sup>	

\*1：8Aと8Cは腐食あり，他は腐食なし。8Bは破断せず。  
 \*2：10Aと10Bは新調の外ケーブル。  
 \*3：伸び測定部の被覆材の除去長さが不十分であった。

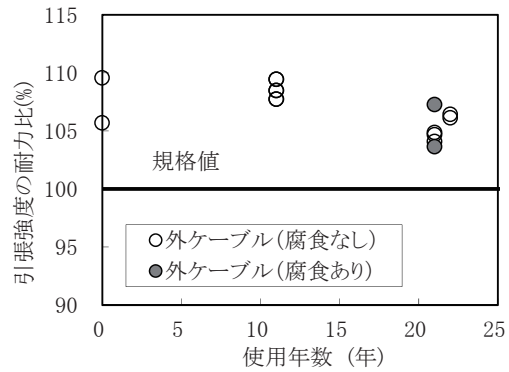


図-3 外ケーブル引張強度の経年変化