

## コンクリート橋の補強用外ケーブルの撤去方法に関する基礎的実験

(株)エスイー 正会員 ○田中 智  
 (株)エスイー 正会員 中井 督介  
 (株)エスイー 正会員 松岡 勤

### 1. はじめに

コンクリート橋等に用いられる補強用外ケーブルにおいて、通行車両の接触などの外的要因による損傷が原因で取り替えが必要となる事例がある。外ケーブルの取替えに際しては、既設橋梁への影響や施工費を増大させない観点から、定着装置は再利用とし外ケーブルのみを撤去することが望まれる。

コンクリート橋における外ケーブル補強工法の定着装置の一例を図-1に示す。近年は、外ケーブルの定着体へも金属溶射などの重防食が用いられるようになり、鋼管内部への防錆材が不要となったことから、ケーブル張力解放後に容易に定着体を撤去することができる。

一方で、それ以前の事例においては、鋼管内部に防錆材が充填されていることから、定着体の取り出し作業においては、その防錆材が障害となり定着装置の前面側へ抜き出すことが困難となる。緊張ジャッキ等を用いて定着装置の背面側へ引き抜くことも考えられるが、一般的に補強用外ケーブルの定着部は主桁端部に設置されることから、全てを引き抜くだけの十分な空間的余裕が無いケースがほとんどである。このような状況で、定着装置から外ケーブルを撤去する方法としては、図-2に示すような、ケーブル緊張力を解放した上で、定着装置間のケーブルを切断・撤去し、最後に定着装置から定着体を取り出す手順が考えられる。

本実験では、定着体を取り出す方法として、定着装置の前面側へ機械的に押し出す方法を考え、防錆材が充填されている外ケーブル定着部を模擬した供試体を用いた押し出し荷重の測定実験を行った。また、その結果を用いて押し出し荷重の推定式を策定した。

### 2. 実験概要

#### 2.1 供試体

供試体の基本形状を図-3に示す。供試体は、実物の外ケーブルと定着鋼管およびアンカープレートで構成され、定着鋼管の内部には防錆材を充填した。



写真-1 外ケーブル補強工法の事例

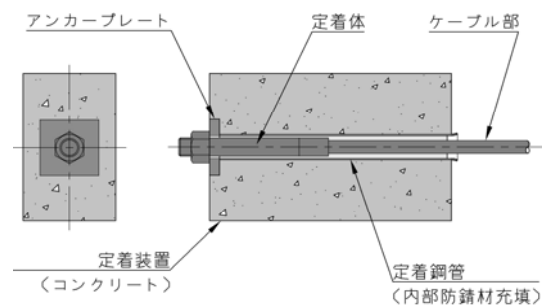


図-1 定着装置の構造例

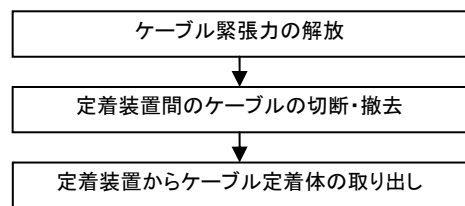


図-2 外ケーブルの撤去手順

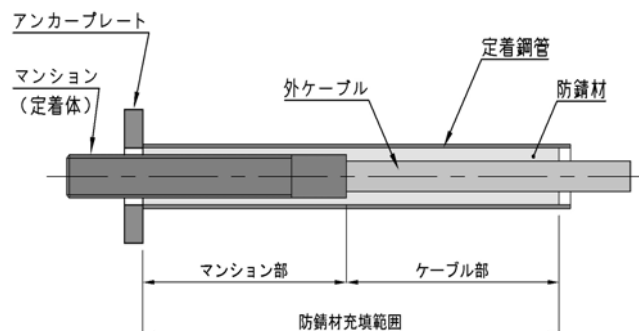


図-3 供試体基本形状

供試体の種類を表-1に示す。本実験では(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会発刊の「外ケーブル方式によるコンクリート橋の補強事例図集 [第2版]」<sup>1)</sup>を参考に、比較的事例の多い外ケーブルの中からSEEE工法 F50TS, F100TS, F200TSの3タイプを選定した。また、定着鋼管内部に充填する防錆材の充填領域の影響を評価するために、F100TSについては4種類、F200TSについては2種類の充填範囲を変えた供試体を用いた。供試体は各タイプ2体ずつとし、合計14体で実験を行った。

表-1 供試体の種類

供試体No	ケーブルタイプ	外ケーブル諸元			定着鋼管諸元		防錆材充填範囲 (mm)	
		マンション部 外径	マンション部 長さ	ケーブル部 外径	外径	板厚	マンション部	ケーブル部
F50 - 400	F50TS	48	385	28.3	63.5	3.2	305	400
F100 - 0	F100TS	62	485	43.3	82.6	5.0	395	0
F100 - 200								200
F100 - 400								400
F100 - 600								600
F200 - 400	F200TS	82	675	63.5	101.6	4.2	565	400
F200 - 600								600

表-2 ポリブタジエン系ポリウレタン樹脂の特性値

区分	硬度 (JIS-A)	比重	引張強さ (MPa)	伸び (%)	ヤング率 (kg/cm <sup>2</sup> )
タイプA	30	0.99	1.5	350	7
タイプB	22	0.99	0.6	250	6

定着鋼管内部に充填する防錆材には、グリース、セメント系、樹脂系などの事例があるが、本実験ではSEEE工法の実績で標準的に用いられているポリブタジエン系ポリウレタン樹脂を用いることとした。代表的なポリウレタン樹脂の特性値を表-2示す。タイプAについては現在入手が不可能なため、今回はタイプBのポリウレタン樹脂を用いることとした。なお、実験日の硬度はデュロメーター硬さ計 (JIS-A) で15度であった。

2. 2 実験方法

本実験の実験設備を図-4に示す。4本のPC鋼棒で連結した鋼板間に供試体と油圧ジャッキを配置し、油圧ジャッキでマンションの端部を載荷することで定着鋼管内部へと押し込むこととした。今回用いた緊張ジャッキは、マンションの総押し込み量に対してストロークが短いため、緊張ジャッキのストロークが限界に達するごとに嵩上げブロックを挟み込み、マンションが定着鋼管から出るまで押し込みを継続した。なお、載荷中は押し込み速度が0.5mm/秒程度となるように調整した。

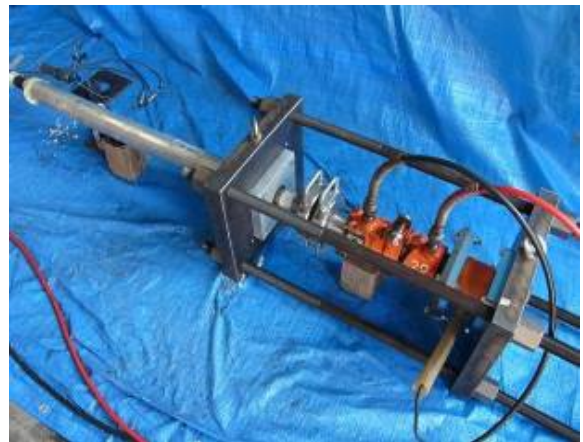


写真-2 外ケーブル押し出し実験状況

押し込み時の荷重の測定は、緊張ジャッキと鋼板間に配置したロードセルで行い、また定着鋼管出口部にて押し出されたケーブルの移動量を計測した。実験状況を写真-2に示す。

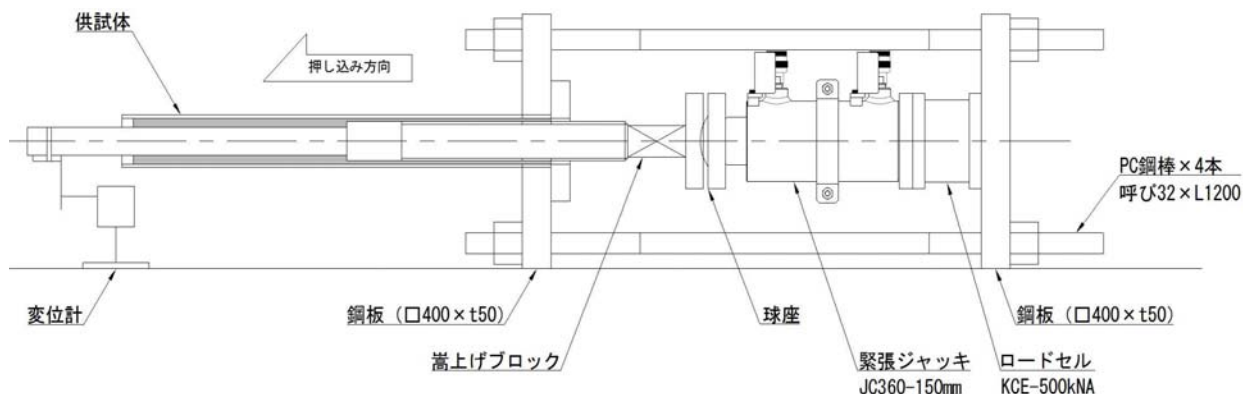


図-4 外ケーブル押し出し実験設備

### 3. 実験結果

#### 3. 1 最大荷重および荷重推移

押し込み載荷時の最大荷重を表-3に示す。最大荷重値は、ケーブルタイプおよび防錆材充填範囲に対して比例的に大きくなる傾向にあった。今回の実験では供試体No. F200-600で荷重が最大となり2体の平均値で47.5kNであった。

載荷荷重と供試体移動量の曲線を図-5に示す。全供試体とも同様の傾向を示しており、押し込み開始後に上昇した荷重は最大値を境に緩やかに下降し、最終的にケーブル部の防錆材充填範囲相当の距離を押し込んだ時点で10kN付近まで下がることが確認された。鋼管内部の防錆材について、最大荷重時の供試体移動量にばらつきが見られることから、載荷開始後に樹脂が圧縮変形され、部分的な破壊が進展し、最終的に最大荷重で脆性的な破壊に至ったものと考えられる。

表-3 押し込み載荷時の最大荷重

供試体No	最大荷重 (kN)		
	No.1	No.2	平均
F50 - 400	17.4	18.9	18.2
F100 - 0	13.5	11.1	12.3
F100 - 200	17.4	18.4	17.9
F100 - 400	29.1	23.6	26.4
F100 - 600	31.6	37.9	34.8
F200 - 400	38.1	39.2	38.7
F200 - 600	46.5	48.4	47.5

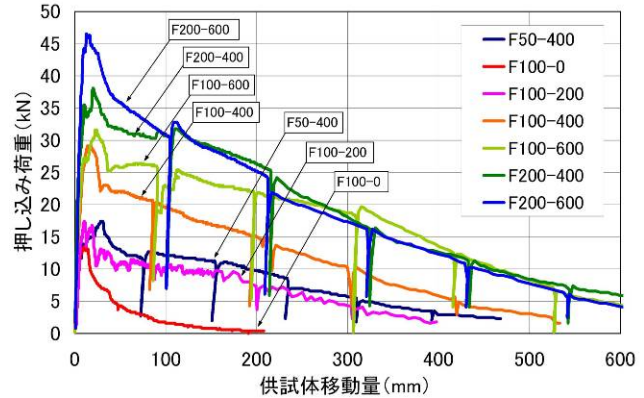


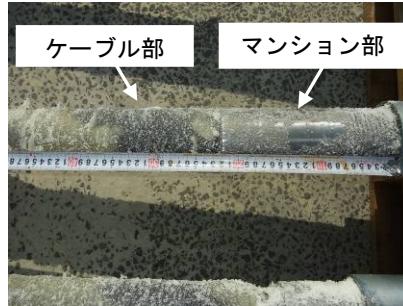
図-5 押し込み荷重-供試体移動量 曲線

#### 3. 2 防錆材の破壊状況の観察

実験後の供試体の状況を写真-3に示す。写真-3 (b) は押し出されたマンション部の状況を示しており、ケーブル部に付着している防錆材の外径はマンション外径とほぼ一致している。また、写真-3 (c) は定着鋼管内部の状況を示しているが、防錆材はマンション外径に沿って破壊され、鋼管内面に残存している状況が確認できる。これらより、鋼管内部の防錆材は、マンション外径に沿う面でせん断破壊したと考えられる。



(a) 供試体全景



(b) マンション付近



(c) 定着鋼管内部

写真-3 試験後供試体状況

#### 3. 3 最大荷重の推定式

以上の実験結果より、ケーブルを押し出す際の最大荷重については、防錆材のせん断面積に依存する可能性が高いと考えられた。せん断面積を算定する上での防錆材の有効範囲については、最大荷重到達までに先行的に破壊する部分があると考えられるが、今回は防錆材充填範囲の全域を対象とした。また、本実験で用いた防錆材は硬度が15度であったが、既設橋においては実績からタイプAの樹脂が標準的に使用されていることが分かっており、硬度は最大の30度相当(表-2)まで到達していると考えられる。よって、最大荷重の推定式の策定にあたっては、実験より得られた最大荷重を既設橋で想定される荷重に補正し評価することとした。

評価に際しての補正方法については、防錆材の硬度とせん断強度の関係が不明確ではあるものの、今回は簡易に硬度比率を補正係数として用いることとし、補正係数  $\alpha = 30/15 = 2$  (倍) を試験結果の

最大荷重に考慮した。

最大荷重とマンション外径のせん断面積の関係を図-6に示す。補正後最大荷重とせん断面積には一定の相関関係があることから、最大荷重は、以下に示す近似直線による推定式で表すことができる。

$$\text{補正最大荷重 (kN)} \quad P = 0.0313A + 2.4$$

ここに、A：防錆材のせん断面積 (cm<sup>2</sup>)

$$A = \pi \cdot D \cdot L$$

D：マンション外径 (cm)

L：防錆材充填範囲 (cm)

なお、図中には既設橋で実際に補強用外ケーブルの定着体を押し出した2事例の荷重値もプロットしているが、今回の実験結果より得られた近似直線に対し、一つは近い相関となったが、もう一方については約16kNの差異が生じる結果であった。

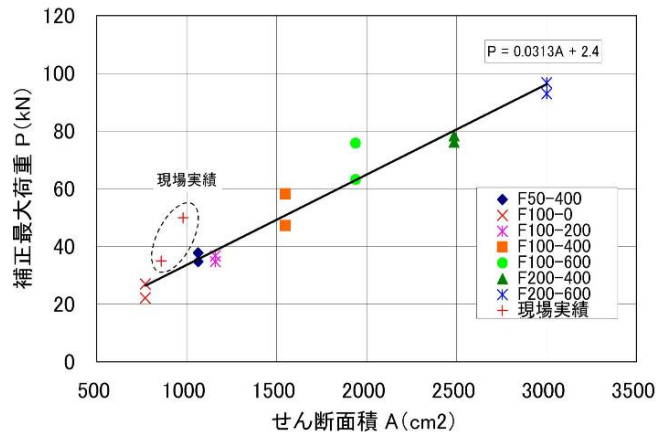


図-6 補正最大荷重とせん断面積の関係

#### 4. まとめ

補強用外ケーブルとしてSEEE工法 F50TS, F100TS, F200TS, また定着部の充填材にはポリブタジエン系ポリウレタン樹脂を用いて実施したケーブルの押し出し試験の結果を以下にまとめる。

- 1) ケーブルの押し出し荷重は、ケーブルタイプと鋼管内部の防錆材充填範囲に比例し増加する傾向にあり、定着鋼管内の防錆材はマンション外径に沿うせん断面で破壊することが確認された。
- 2) 押し込み載荷時の最大荷重と防錆材破壊時のせん断面積に一定の相関が確認され、最大荷重の推定式を策定することができた。
- 3) 2事例であるが実施工と本実験の結果を比較したところ、一つは近い相関が得られたが、もう一方は16kN程度の差異が生じた。これより、今回策定した推定式を実施工に用いる際は、算出される押し出し荷重に余裕を加味し設備計画を行う必要がある。

なお、今回策定した推定式は、ポリブタジエン系ポリウレタン樹脂を用いた場合の実験結果である。よって、実施工では定着部充填材の材質や発現強度、ならびに作業状況などにも十分配慮した計画とする必要がある。

#### 5. おわりに

実施工で補強用外ケーブルを押し出し撤去した事例を写真-4に紹介する。事例では、角鋼管とPC鋼棒を用いたフレームを使用して押し出し荷重の反力を定着体に伝達させる手法を用いた。結果として、あと施工アンカーなどの主桁への追加加工を行うこと無く、ケーブルを押し出し撤去することができた。

今回策定した外ケーブル押し出し荷重の推定式が、今後の類似工事における施工計画の一助になれば幸いである。



写真-4 実施工における撤去状況

#### 参考文献

- 1) 一般社団法人プレストレスト・コンクリート建設業協会 保全補修委員会 メンテナンス部会：外ケーブル方式によるコンクリート橋の補強事例図集 [第2版], 平成19年4月