

アンボンドマルチケーブルのフレッチング疲労強度について

三井建設（株） 正会員 ○篠崎 裕生・渡辺 宗樹
ドーピー建設工業（株） 正会員 Thiru Aravinthan ・濱田 譲

1. はじめに

アンボンドマルチケーブルはグラウト不要のプレファブケーブルで、近年、外ケーブル方式を採用した橋梁の増加に伴い使用される例が増えている。既往のフレッチング疲労強度に関する研究は、外ケーブルでは一般的な保護管+グラウトの場合で行われている例が多く、アンボンドマルチケーブルで検討された例はない。そこで、ケーブルサイズ 7T15.2、曲げ半径 3m の条件で、応力振幅を変えた 4 ケースの疲労試験を実施し、疲労強度の比較検討を行った。

2. 試験の概要

アンボンドマルチケーブルは、図-2 に示すように各 PC 鋼より線が 1 本ずつ防錆グリースとポリエチレンシースで被覆され、さらに外側を高密度ポリエチレンで密着被覆されており、施工性・耐食性に優れたケーブルである。ここでを行った疲労試験では、図-1 に示すとおり、アンボンドマルチケーブル 7T15.2 を、偏向部を模した鋼管（内径 78.1mm、曲げ半径 3.0m）に通し、両端のコンクリートブロックに定着した上で、アクチュエータにより偏向部を鉛直方向に加振することで、ケーブルに所定の応力振幅を生じさせた。

定着くさびから 300mm の区間はグラウトを施しケーブルの応力変動がくさびに直接作用しないよう配慮した。また、アクチュエータは、素線破断時の安全性を考慮し変位で制御した。ケーブルの初期緊張力および下限応力度は $0.6f_{pu}$ とし、表-1 に示す応力振幅で試験を行った。なお、ケーブルの破断強度規格値(f_{pu})は 1860N/mm^2 である。

ロードセルの荷重と、ケーブルに貼り付けたひずみゲージの値の変化から、素線の破断を確認した。そして、2～3 本の素線が破断したことが確認できた時点で試験を終了した。

3. 試験結果および考察

表-1 に試験結果を示す。応力振幅 49N/mm^2 (C1)で 200 万回繰返し载荷してもフレッチング破断しなかった。また、振幅を 74N/mm^2 にしたケース(C4)では、240 万回で定着部付近において 1 本の素線破断が見られたものの、348 万回の繰返し载荷でもフレッチング破断は生じなかった。

応力振幅 98N/mm^2 (C2)では、69, 123, 154 万回においてケーブル応力の急減が見られた。このうち、69 万回および 154 万回で偏向区間におけるフレッチング破断が生じていたことが確認できた。123 万回では、C4 で見られた定着部付近での素線破断が生じていた。この素線破断については現在、原因を特定中である。応力振幅 147N/mm^2 (C3)では、23 万回においてケーブル応力が大きく低下し、その後も応力低下が続いたため試験を終了した。このケースでは、偏向区間において合計 4 本の素線がフレッチング破断していたことが確認できた。C2,C3 におけるフレッチング破断は偏向部鋼管の曲げ上げ定着側に集中していた（図-2）。これは、偏向部が非対称であるために、曲げ上げ定着側のケーブル応力振幅の方が水平定着側よりも大きくなることが原因と考えられる。

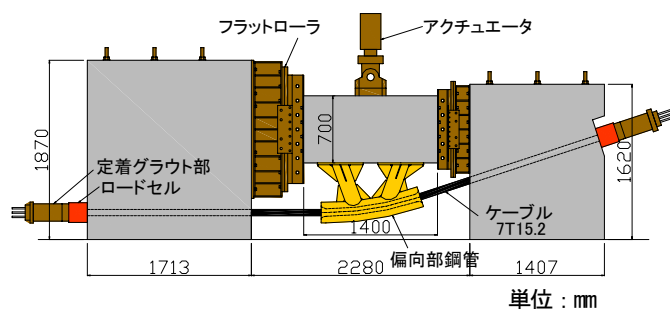


図-1 試験装置図

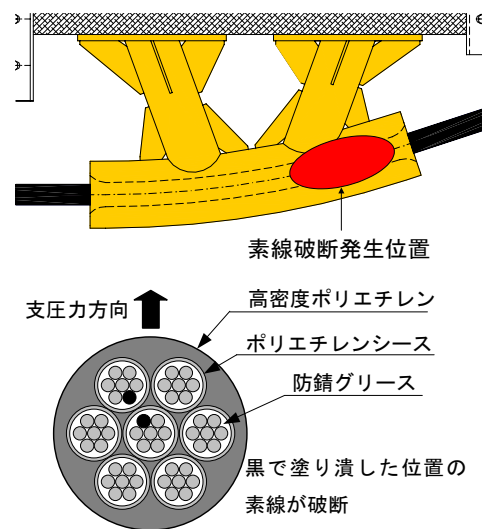


図-2 素線の破断位置

表－１ 試験結果

試験体	ケーブル応力(N/mm ²)		変位振幅 (mm)	振動数 (Hz)	繰返し载荷回数		フレッチングに よる破断箇所数
	下限(0.6 f_{pu})	振幅			初破断時	終了時	
C1	1116	49	6.1	2.00	—	2,000,000	0
C2	1116	98	13.2	1.50	690,000	1,540,000	2
C3	1116	147	19.0	1.00	230,000	360,000	4
C4	1116	74	9.7	1.75	—	3,480,000	0

図－３に C2 の曲げ上げ定着側と水平定着側のケーブルの応力振幅（ロードセルの値から換算）を比較したものを示す。試験は、図中の平均応力振幅（109.4N/mm²）が設定応力振幅（98N/mm²）以上になるようアクチュエータを制御したが、鋼管とケーブルの摩擦等により曲げ上げ定着側で 137.3N/mm²、水平定着側で 81.5N/mm² と大きな差が生じている。

ケーブル断面では、C2、C3 とともに図－２（下）の位置の素線が破断していた。破断箇所では鋼材被覆であるポリエチレンシースが破れて防錆グリース漏れ出していた。破断の状況を写真－１に示す。

試験結果を S-N 線図にプロットしたものを図－４に示す。図には、AASHTO の指針に示される部門 C の許容疲労応力¹⁾ および藤田らの実験²⁾で提案された曲線を合わせて表示した。藤田らの実験は、通常のグラウトタイプのケーブルを用いたもので、ケーブルサイズや曲げ半径（19S15.2, R=3m）が異なり本実験よりも厳しい条件となっている。本実験結果をプロットするに当たっては、フレッチングにより 1 本目の素線が破断した時（全素線の 2%）の繰返し回数とした。また、ケーブルの応力振幅については、図－３に示したように、ケーブル両端での差が大きい点と、フレッチング破断が振幅の大きい曲げ上げ定着側で発生している点を考慮し、平均振幅と最大振幅の両方を表示した。

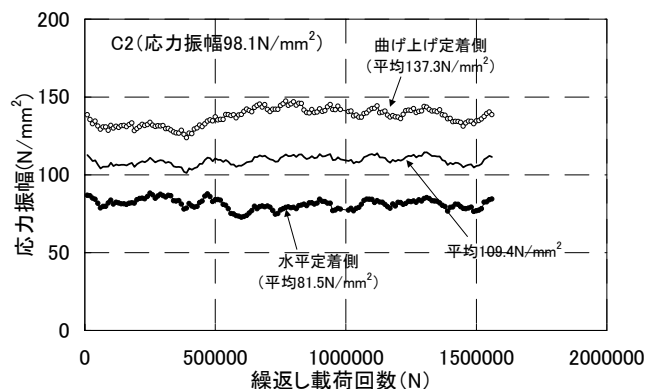
図より、アンボンドマルチケーブルのフレッチング疲労強度は平均応力振幅で評価すると AASHTO の指針とほぼ同程度となることが分かった。AASHTO の指針はもともと鋼製橋梁部材設計用に提案されたものであるが、フレッチングを考慮した PC 鋼材（グラウトタイプ）の疲労強度との整合性が良いことが確認されている³⁾。今回の実験の範囲では、最大応力振幅まで含めるとアンボンドマルチケーブルのフレッチング疲労強度特性は、通常の PC 鋼線と同等以上であると言える。

参考文献

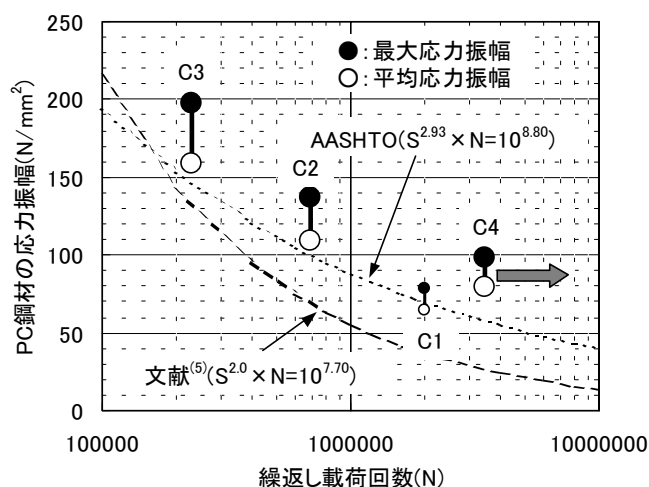
- 1) American Association of State Highway and Transportation Officials, Inc: Standard Specifications for Highway Bridge, Fourteen Edition. 1989
- 2) 藤田 学ほか：外ケーブル偏向部のフレッチング疲労特性の研究，住友建設技術研究所所報，pp.9-18，1996
- 3) Karen Ryals, Gregor P. Wollmann, John E. Breen, Michael E. Kreger: Fretting Fatigue of External Tendons in Segmental Bridge Deviators, Workshop - Behavior of External Prestressing in Structures, AFPC June. 1993



写真－１ 素線破断と被覆損傷状況



図－３ C2 のケーブル応力振幅



図－４ S-N 線図