

PC 外ケーブル偏向部のフレッチング現象の FE 解析

長崎大学大学院生産科学研究科 学生会員 ○ 出水 享 タイムスエンジニアリング(株) 非会員 田口 保男
 長崎大学教育機能研究センター 非会員 古賀 掲維 長崎大学工学部 正会員 松田 浩

1. はじめに

PC 鋼より線の外側を比較的に柔らかい樹脂で被膜された PC 鋼材が開発されている。しかしながらこのような PC 鋼材を外ケーブルに用いた偏向部は、長時間にわたり動的な腹圧力を受けるため、相互に接触する PC 鋼より線にフレッチング疲労が生じる。本研究は、PC 鋼材を用いたケーブルの偏向部におけるフレッチングの影響を検討するために、汎用有限要素プログラム解析ソフトを用いて PC 鋼材の移動や応力状態などをシミュレートできるかを検証した。

2. 実験概要

本実験では、硬質型 SUPRO スtrand 丸味型*を用いた 19S15.2mm ケーブル(図-1)の、300 万回繰返し載荷実験により偏向部の接触状況を確認するのを目的とした。また、被覆損傷を確認するために、1000 時間の塩水噴霧実験を行った。

SUPRO スtrand は、熱可塑性樹脂(高密度ポリエチレン系特殊樹脂)を内部空隙に完全充填し、同時に外面を厚さ $400\mu\text{mm}$ の高耐久ポリエステル系硬質樹脂で完全被覆した完全防食の超耐久性 PC 鋼より線(図-2)である。

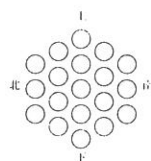


図-1 ケーブル断面図

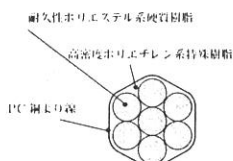


図-2 PC 鋼材断面図

実験装置の概略図を図-3に示す。定着体システムは、緊張端・固定端ともにフレシネー外ケーブルシステムとした。試験条件を表-1に示す。

3. 実験結果・結果の考察

実験結果を表-2に示す。

PC 鋼材 19 本の被覆部外傷の有無について目視で確認したが、最も厳しい条件の東・西のサドル直下のデビエータ部との接触部を含めて、PC 鋼材に達する傷、剥がれ、及び大きな擦れは無かった。被覆性能には影響のないと判断される若干数の樹脂表面の微小な擦れと大きな窪み、並びに被覆性能には全く影響のない小さな窪みが観察された。デビエータ部の PE 管においても緩衝材として有効で有ることが確認された。

表-1 試験条件

項目	条件
上限荷重	1178 N/mm ² [3.105kN]
下限荷重	1129 N/mm ² [2.975.4kN(0.6P _u)]
振幅荷重	129.2 kN (変動応力幅:5.0 kgf/mm ²)
繰返し周波数	1.0 Hz (一日目) 1.5 Hz (一日目以後)
鉛直変位 δ	全振幅 8.8 (mm)

表-2 実験結果

上限変位	下限変位	最終繰返し数	破断状況
0.06 ~ -0.030	-8.754 ~ -8.805 mm	3,002,400 回	破断せず

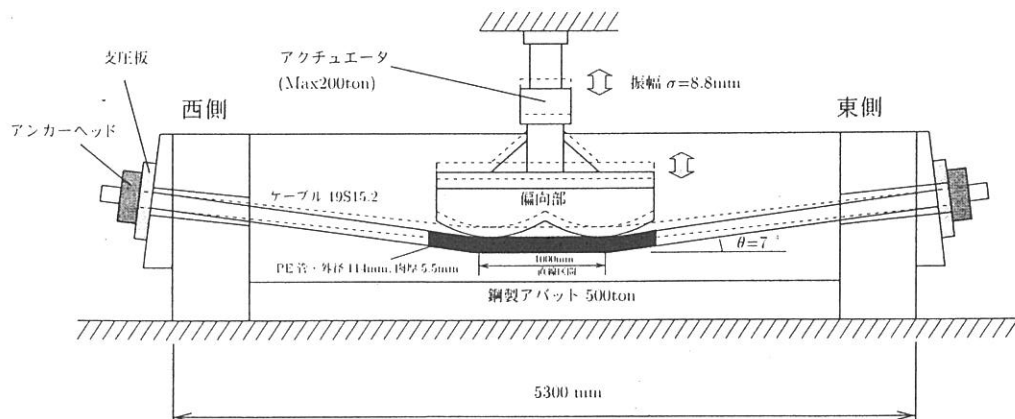


図-3 試験装置概略図

更なる確認の為、1000時間塩水噴霧試験を引き続き実施したが錆の発生は見られず、窪み部分から塩水が金属表面にまで達していないことも確認され、緩衝材だけでなく被覆材としても有効であることが確認された。

試験期間中のPC鋼材破断の有無については、デビエータ操作盤の荷重並びに荷重変位数値は試験終了までほぼ一定で全く異常値は観測されなかったため、PC鋼材19本とも健全であったと判断される。素線が切れた場合は、計測数値に異常値として現れるがそのようなことも舞かった。最終的な素線の健全性の確認は、塩水噴霧試験後にPC鋼材を素線分解して行う。

4 解析概要

4-1 解析モデル

3次元非線形解析を行うためにPC鋼材、PE管、偏向部を8節点Solid要素でモデル化した。本解析では、1/2モデルとして、PC鋼材は一本の鋼(図-4)として解析を行った。なお、要素の分割の都合上、アスペクト比が大きくなる要素については、assumed strain methodを使用し、shearlockingの発生を防ぐようにした。荷重・荷重は変位制御型の単調増分を用いてPC鋼材に0.6P_u(約2900kN)のプレストレスを導入したのち、PC鋼材に偏向部から8.8mmを変位荷重を載荷した。接触に関しては自動接触解析機能(CONTACT)を使用した。解析モデルのメッシュ分割詳細図・メッシュ分割図を図-4表-3に示す。今回の実験は300万回に疲労実験をしているが今回の解析では、8.8mm変位を一回荷重させている。

表-3 メッシュ分割詳細図

種類	要素数
偏向部	240要素
PE管	380要素
PC鋼材	264 × 19 = 5016要素

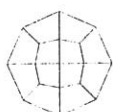


図-4 PC鋼材

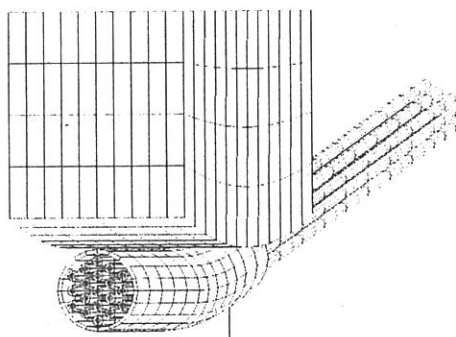


図-5 メッシュ分割

4-2 解析結果および考察

図-(a)～(d)、からPE管内部の鋼材の挙動がシミュレートできることが分かる。なお図-5は、等価応力分布

を表している。プレストレスを導入し荷重が進んでいくにつれて応力分布が変化しているのが分る。

図-6*は、緊張時のケーブル断面状況を示しており今回の解析で挙動がよくシミュレートされているのがよく分かる。

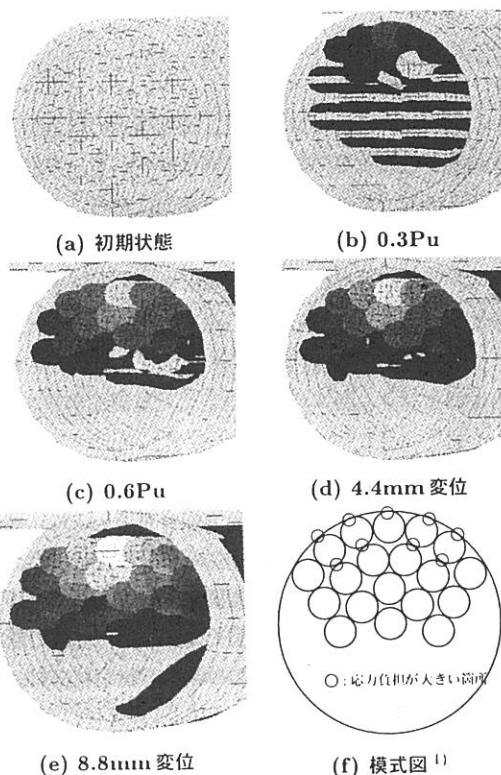


図-6 PCケーブルの挙動

5 まとめ

今回のようなPC外ケーブル偏向部のフレッチング現象に関する研究は、実験を行うこと�で明らかになっているが、解析においては、過去の文献をみてもほとんど例がなく、複雑な内部挙動や応力状態などが明らかにされていないのが現状である。接触解析により鋼材のそれぞれの挙動がシミュレートできるということが分かった。今後はPC鋼材のより詳細のモデル化や、PC鋼材同士の摩擦を考慮しフレッチングによる被覆材の損傷状況を検証していきたい。他には、設計・施工の合理化 特に、外ケーブル、斜材など多本数長尺物の場合、もつれ、整線など、線材数が減少すれば取り扱いも容易となるうるので15.2mm・19本を28.6mm・3本として解析していきたい。

なお、スープロストランドは、特許出願中である。(特許出願公開番号P2002-339279A、出願人:株式会社タイムスエンジニアリング)

参考文献 1) PC橋耐久向上に関する設計・設計マニュアル日本道路公団 監修 (財) 高速道路技術センター