

ディビエータ部におけるケーブルの移動・変形状に注目した三次元 FEM 接触解析

長崎大学工学部 学生員 ○ 中島 朋史 長崎大学工学部

正会員 松田 浩

長崎大学大学院 学生員

出水 享

タイムスエンジニアリング(株)

非会員 田口 保男

1 はじめに

外ケーブルの偏向部は、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 鋼材のフレッキング疲労が問題となる。高耐久性を目的として開発されている樹脂被覆 PC 鋼材においても、耐久性の観点から偏向部における被覆部の損傷が懸念される。

本研究では、三次元 FEM 接触解析により、ケーブルの本数や配置形状を変化させたときの、ケーブル移動状況、変形状を調べるとともに、最適本数や最適配置形状について検証した。

2 解析概要

2.1 メッシュ分割

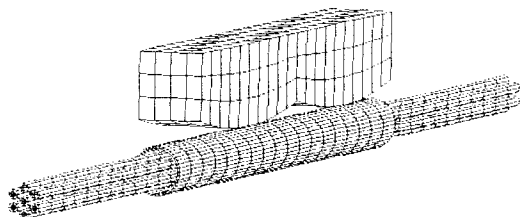
本解析では、汎用解析プログラム MARC を用い、PC 鋼材、PE 管、偏向部を 8 節点 Solid 要素でモデル化した。PC 鋼材は一本の鋼(図-1)としてモデル化し解析を行った。荷重・荷重は、PC 鋼材の両端を完全固定し、偏向部から PC 鋼材へ 300mm の変位荷重を静的に荷重させた。接触に関しては自動接触解析機能を使用した。解析には一般的に使用されている PC 鋼材本数 19 本、3 本、7 本の 3 種類のモデルを使用した。なお、それぞれの PC 鋼材の総断面積はすべて同じとした。これらのメッシュ分割詳細を表-1に示す。また、例として図-2の(a).(b)に PC 鋼材 7 本の場合の平行、ツイストのメッシュ分割図をそれぞれ示す。

表-1 メッシュ分割詳細

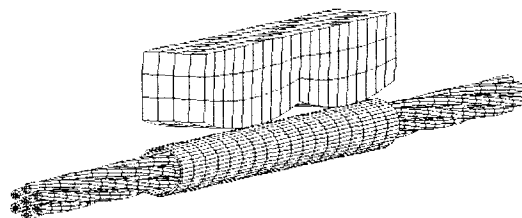
種類	要素数
偏向部	240 要素
PE 管	720 要素
PC 鋼材	3 本 (φ16.6) $480 \times 3 = 1440$ 要素
	7 本 (φ30.4) $480 \times 7 = 3360$ 要素
	19 本 (φ18.16) $480 \times 19 = 1560$ 要素



図-1 PC 鋼材



(a) 平行



(b) ツイスト

図-2 メッシュ分割図

2.2 解析モデル

本解析では PC 鋼材の配置、本数、ピッチを変化させた場合のケーブルの変形状、移動状況、耐力などを調べるため、ツイストを 4 ケース、平行を 5 ケースについて解析を行った。それぞれの種類のモデル詳細を表-2,3に示す。また全体の解析のモデル寸法を図-3に示す。

表-2 ツイスト

種類	詳細
7R-05	PC 鋼より線 7 本 ピッチ 10.4m
7R-10	PC 鋼より線 7 本 ピッチ 5.2m
7R-15	PC 鋼より線 7 本 ピッチ 3.9m
7R-20	PC 鋼より線 7 本 ピッチ 2.6m

表-3 平行

種類	詳細
P7-1	PC 鋼より線 7 本
P7-2	PC 鋼より線 7 本 配置を 15° 回転
P7-3	PC 鋼より線 7 本 配置を 30° 回転
P3	PC 鋼より線 3 本
P19	PC 鋼より線 19 本

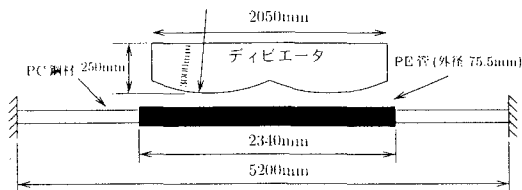


図-3 モデル寸法

図-4に PC 鋼材 19 本のツイストと平行の場合の中央部のケーブル断面における PC 鋼材の移動状態の模式図を示す¹⁾。図より平行に比べ、ツイストの断面形状は安定していることがわかる。そこで今回、PC 鋼材 7 本の平行とツイストの場合のケーブル断面の PC 鋼材の移動状態に注目して、シミュレートし比較を行った。

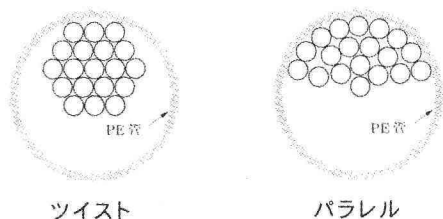


図-4 ケーブル断面形状模式図

3 解析結果

図-5, 図-6 (a)～(e)にそれぞれツイスト, パラレルの偏向部を 300mm 変位させた時の中央部のケーブルの断面形状を示す。なお, 7R-05 と P7-1 には初期状態と载荷後の PC 鋼材の移動状態を示す。

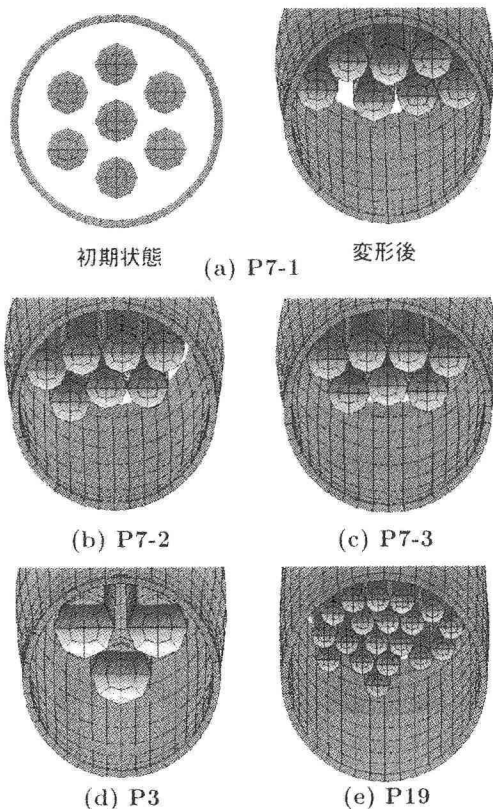
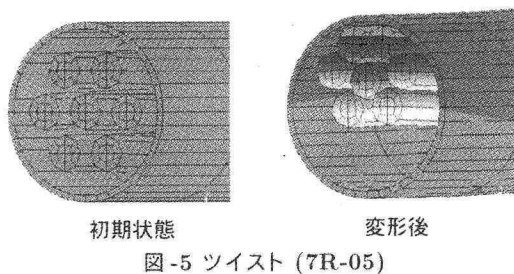


図-6 パラレル

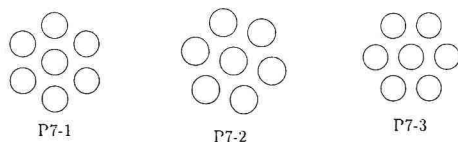


図-7 P7-1,2,3の配置図

図-4の模式図同様, ツイストはパラレルに比べ, PC 鋼材の不規則な移動が少なく, 形状を維持したまま変形することを, 解析によりシミュレートできた。

図-7に示すように, P7-1の配置を 15° ずつと回転させて解析を行った結果, P7-2のケーブルの断面形状は P7-3に近い形状となった。これは, 初期配置を変化させることにより, PC 鋼材がそれぞれ安定する方向に移動していくためであると考えられる。また, PC 鋼材 3 本の断面形状はパラレルにもかかわらず, 初期形状を維持した状態で移動していた。一方, 19 本は PC 鋼材のばらつきが見られ, 初期配置から大きく変化していた。以上のように, PC 鋼材の本数により鋼材の移動状況が異なることがわかった。

次に, ツイストにおいて, ピッチの変化が, 耐力に与える影響に注目して解析を行った。図-8はツイスト (4 ケース) の载荷点における荷重 - 変位曲線に示す。同図より, 7R-05 (ピッチ 5.2m) が最大値を示し, 7R-20 (ピッチ 2.6m) が最小値を示した。このことから, 最適なピッチが存在することがわかる。

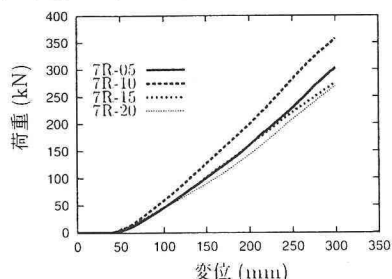


図-8 荷重 - 変位曲線

4 まとめ・今後の予定

今回, 三次元 FEM 接触解析により, ツイスト, パラレルのような複雑解析モデルのシミュレートを行った。その結果, ケーブルの本数, 初期配置, ピッチ間隔, ピッチの有無が与える影響が確認できた。

今回, 解析時間の短縮のため弾性解析を行ったが, 今後は 塑性域も考慮して解析を行っていく予定である。また, 摩擦を考慮した解析を行い, 接触圧に注目した解析を行っていく予定である。

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