

ケーブル腐食が固有振動に与える影響

7020620 山本紘生
指導教員 青木由香利

1. はじめに

斜張橋のような吊形式の橋梁においてケーブルは外力に抵抗する重要な部材である。近年それらの橋梁においてケーブル腐食が問題になっており、実際にケーブル腐食が原因で崩落事故も起こしている。ケーブル部材は通常腐食防止のため、被覆されており、錆の状態を見るためには、はがして確認することが必要である。振動実験などでケーブル状態を確認する手法もあるが、その精度に関して、未だ曖昧な点も多い。

そこで、本研究はケーブルを 3D モデルで作成し、ケーブルを細長い円柱で簡易的に再現し、ケーブル腐食は腐食する部分をくり抜くことで腐食を再現した。弾塑性解析を行い、さらに振動解析によって固有振動数への影響をケーブルの健全時と腐食した時のケーブルで比較する。

2. 数値解析

(1) 数値解析モデル

基準となるケーブルモデルは半径 0.075m、長さ 50m の円柱状で作成した。この長さは既往研究の斜張橋モデルにおける最短ケーブルより決定した。また、ケーブルの材質は ST1570 材とし、ヤング率は $E = 195GPa$ 、ポアソン比 $\nu = 0.3$ とした。

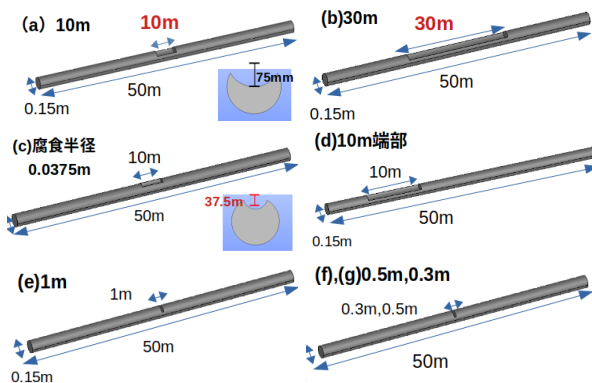


図-1 弾塑性解析

腐食の再現方法は長さ方向に 10m、断面方向に半径 0.075mm 円柱型の腐食を基準とする(図 1(a) 参照)。 (b) は長さ方向を 30m に変えたもの、 (c) は断面方向に 0.0375m に変えたもの。 (d) は (a) を端部側に位置を変えたもの。(e),(f),(g) はそれぞれ長さ方向に 1m,0.5m,0.3m 変えたものを解析した。

(2) 解析手法

ケーブルの片側を固定し、もう片側の面引張り弾塑性解析を行った。ケーブルは降伏応力を 1160MPa とした。

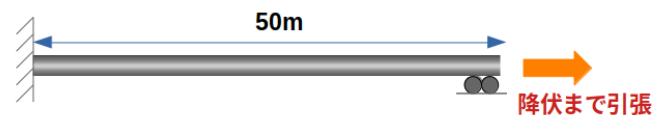


図-2 引張解析

次に、固有振動の測定方法は、片側固定、片側ローラー支承で斜張橋の初期張力である 3.2MN(既往研究)で引張り、ケーブルの中心に短い時間で 100kN のインパクトを与える。インパクトの時間設定は 0s から 5s まで張力をかけ、5s から 14.99s までケーブルを安定させ、15s で 100kN の力を加え、15s から 100s で速度を検出する。測定点の速度を FFT 処理により、卓越振動数を読み取る。

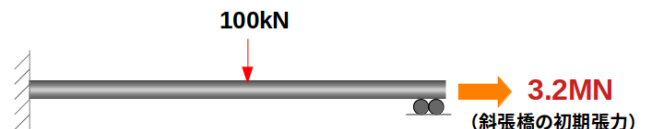


図-3 振動解析

3. 解析結果

引張強度の弾塑性解析の荷重と変位のグラフを図-4 に示す。

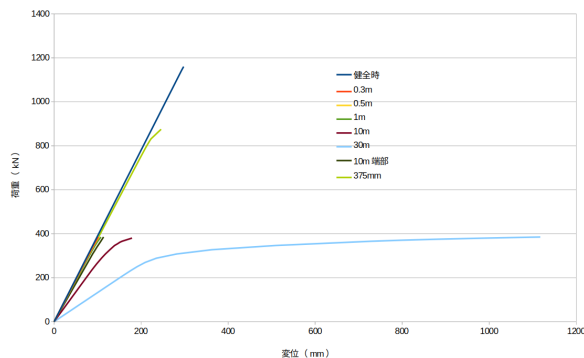
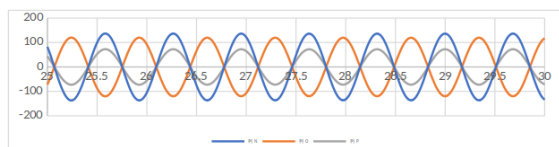


図-4 引張解析結果

図より、腐食の深さ方向が同じ場合、健全時と比較して約半分の荷重で降伏することが分かる。腐食の深さが 75mm の半分の 37.5mm のときには、降伏までの荷重も約 2 倍になる。腐食の位置や長さ方向の大きさは、引張強度には影響せず、小さな腐食でも非常に大きな影響を与えることがわかった。次に振動解析の結果を示す。図-5 に健全時と 30m 腐食時の速度の波形を示す。この図の青線、赤線、黒線をそれぞれケーブルの固定部分から 12.5m, 25m, 37.5m の長さの地点で測定している速度の波形である。このように波形が同じ形状の時の周波数を測定する。今回は波形から鉛直対称 2 次のような形と推定でき、この時の各モデルの周波数を表-1 に示す。

健全時



30m腐食

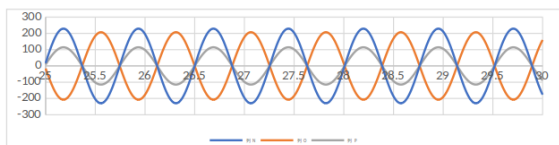


図-5 モード図

同じ波形において振動数が健全時と比較して全て減少した。腐食によって影響があるといえる。

さらに健全時との相対誤差を比較すると長さ方向の腐食が短い場合は 2 から 3% 減少が見られ、10m では 5.2%，30m では 12.4% が見られた。

表-1 振動解析結果 [Hz]

モデル	振動数 (Hz)	健全時との相対誤差 (%)
健全時	1.519	-
0.3m 腐食	1.464	3.6
0.5m 腐食	1.477	2.8
1.0m 腐食	1.484	2.3
10m 腐食	1.440	5.2
30m 腐食	1.330	12.4

4. まとめと今後の課題

本研究では斜張橋ケーブルの 1 本取り出し、ソリッド要素でモデル化、腐食をくり抜いて再現し、腐食の位置・深さ・長さの影響を引張解析と振動解析を用いて、数値解析的に検討した。

引張解析では深さ方向は引張強度に大きく影響し、最大で半径分くり抜くと、健全時と比較して半分まで下がった。しかし、長さ方向の変化は強度には影響がなく、小さな腐食でも大きな影響があることが分かった。

振動解析では、速度の波形から鉛直対称 2 次モードの周波数を特定した。その結果、長さ方向に腐食が大きくなると振動数が 10% 以上減少することが分かった。

今後の課題としては、一本のケーブルと斜張橋全体に適用できるようにすること。また、弾塑性解析では 133m で解析を可能にすることで、振動解析では 1 次モードで卓越結果を出し、健全時と腐食時で比較できるようにすることが挙げられる。

参考文献

- 1) 角田晴輝：
ケーブル腐食を考慮した斜張橋における静的・動的連鎖崩壊解析