

ケーブル腐食が固有振動に与える影響の検討

7020620 山本紘生

研究背景・目的

◆ 斜張橋

塔から斜めに張られた複数の
ケーブルで吊り支える構造の橋

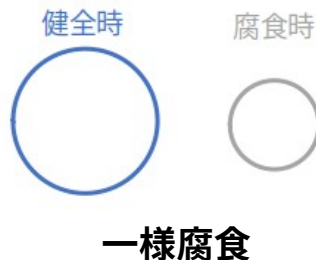


※日経クロステックより抜粋

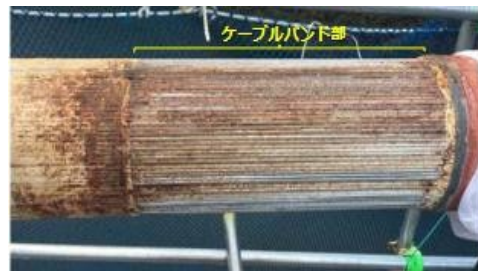
↓
外力に抵抗する重要な部材

◆ 一様腐食

先行研究では、ケーブルを一要素
で解析しているので、断面積減少
は一様腐食になっていた



◆ ケーブル腐食



※国交省:引張材を有する道路橋の損傷例と定期点検に関する参考資料

- 引張強度
- 伸び
- 疲労強度



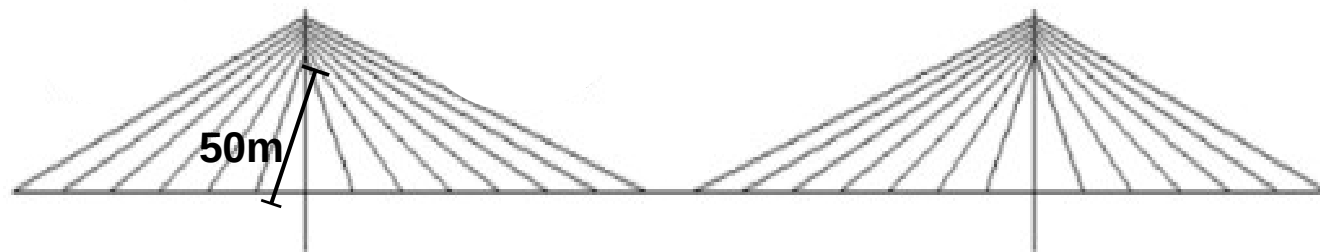
実際にケーブルの腐食が原因の事故事例もある

ケーブルの腐食に関する研究が少ない...

今回の研究では...

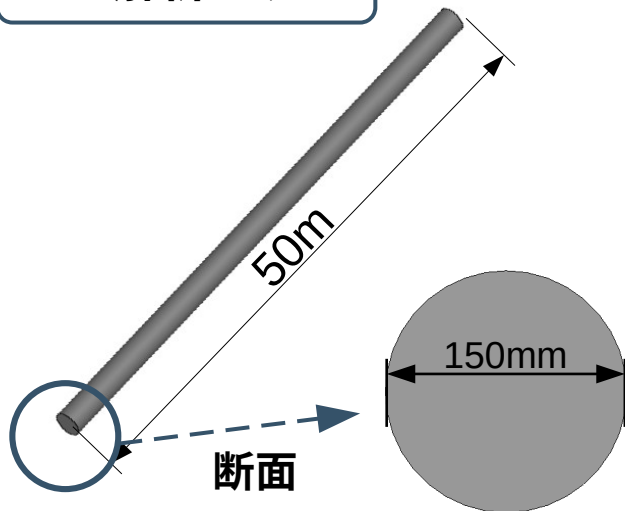
- 腐食による固有振動の影響を数値解析的に調査した
- 引張強度への影響を腐食の位置と大きさによって確認する
- 腐食の位置と大きさが固有振動に与える影響を検討した

ケーブルモデル

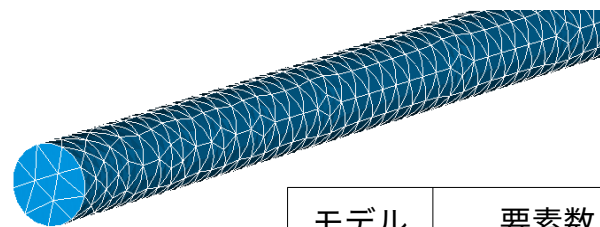


最短

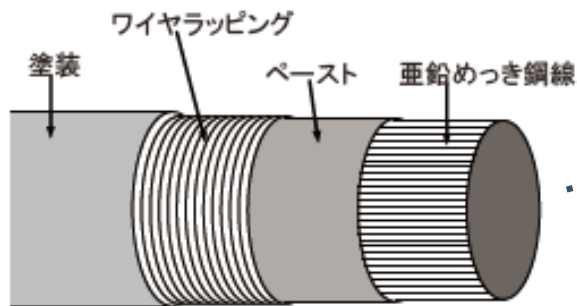
50m解析モデル



健全時メッシュモデル



モデル	要素数
50m	150000程度



ケーブル材質 **ST1570材**
(平行線ストランドケーブル)

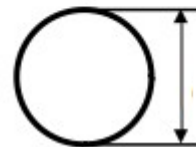
ヤング率	195GPa
ポアソン比	0.3
密度	7800kg/m ³

断面



PWS
(平行ワイヤ
ストランド)

1本のケーブル
として解析



150mm

束ねているのでヤング率が
鋼材(ヤング率206GPa)
よりも小さい

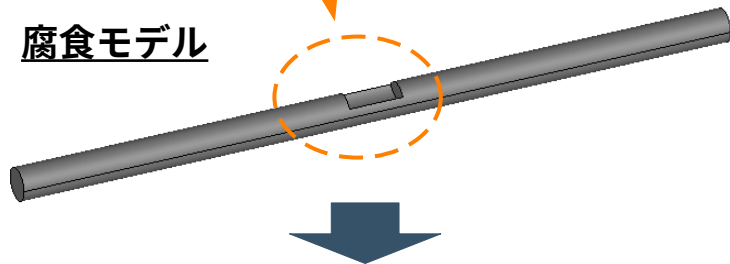
腐食再現方法

実際の腐食の様子



くり抜くことで
腐食を再現

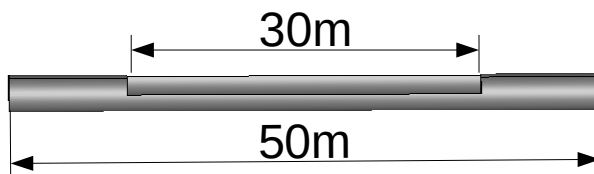
腐食モデル



腐食の位置，長さ，深さの影響を検討

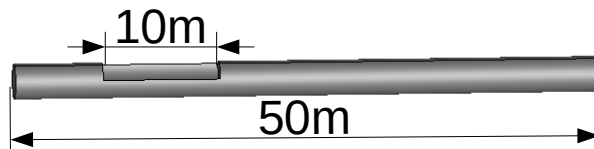
長さ方向腐食

腐食部の長さを変更



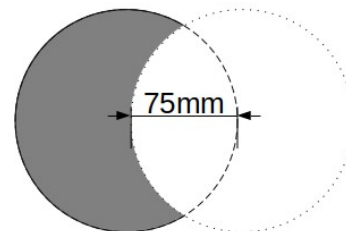
位置腐食

腐食部の位置を変更

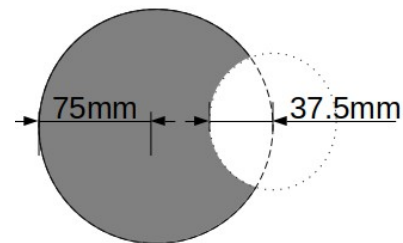


深さ方向腐食

腐食部の深さを変更



腐食半径75mm

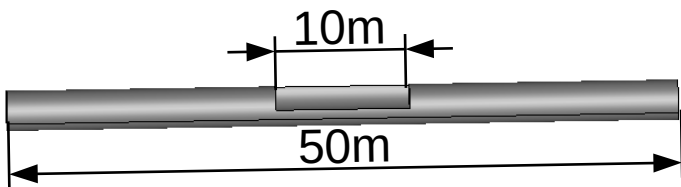


腐食半径37.5mm

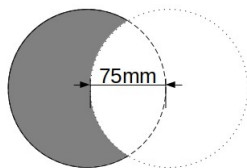
健全時と腐食時を引張解析と振動解析を用いて解析する

腐食再現モデル

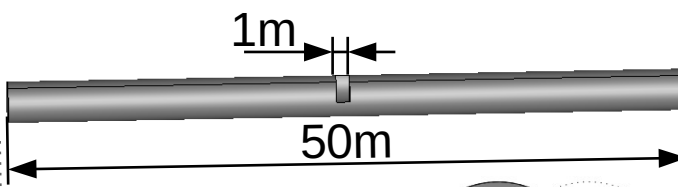
10m



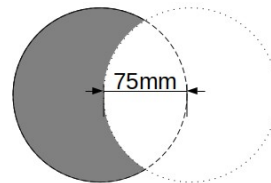
腐食断面図



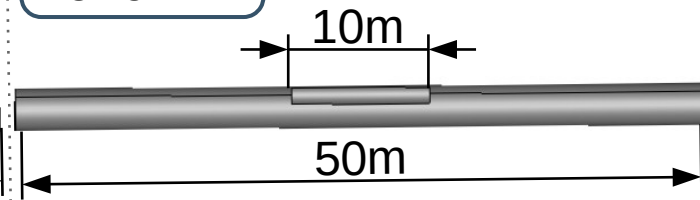
1m



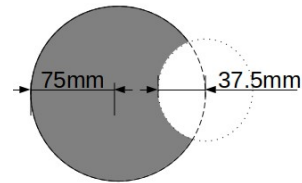
腐食断面図



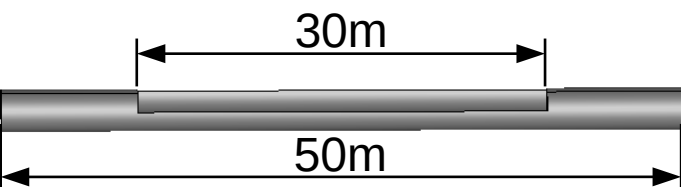
腐食半径
37.5mm



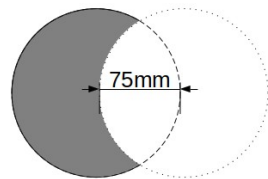
腐食断面図



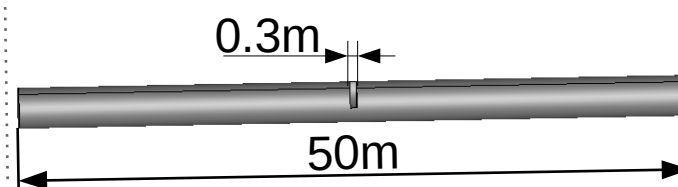
30m



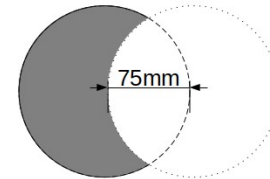
腐食断面図



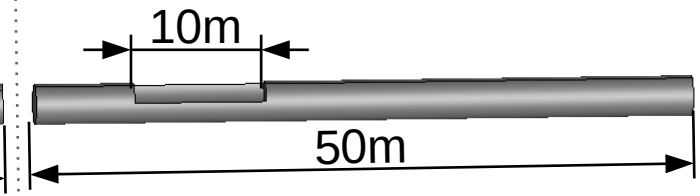
0.3m, 0.5m



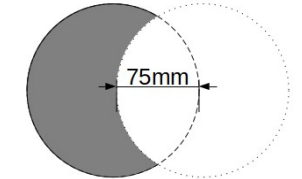
腐食断面図



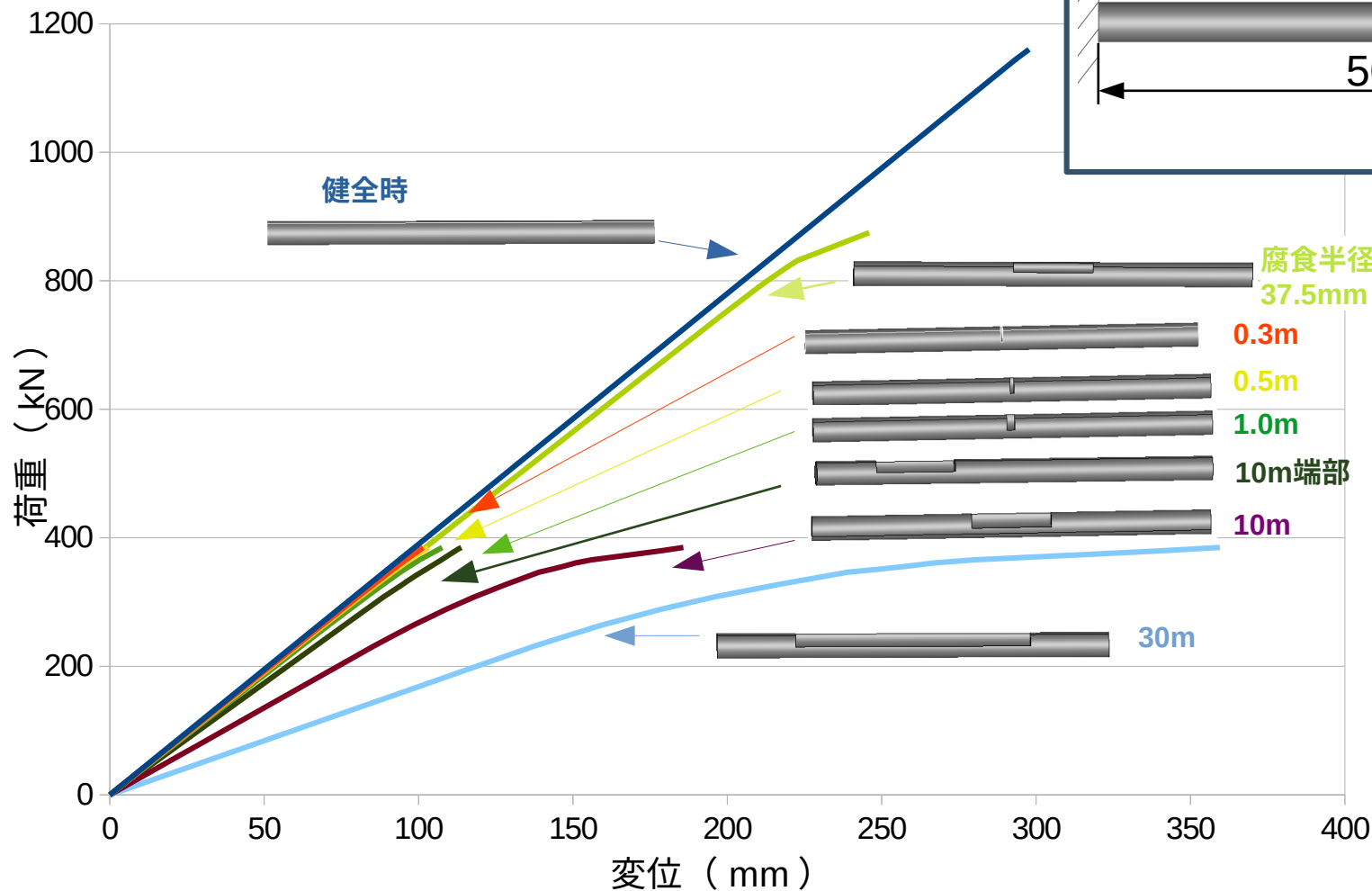
10m端部



腐食断面図

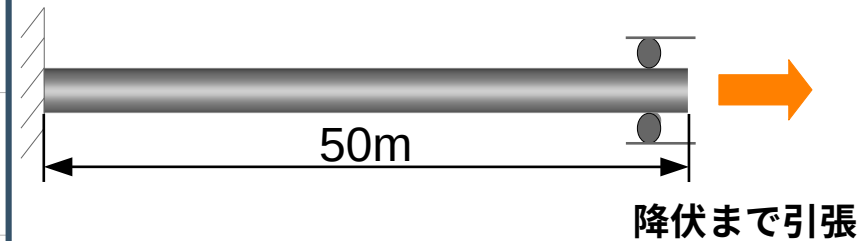


引張解析手法，結果



解析手法

降伏応力は1160MPa



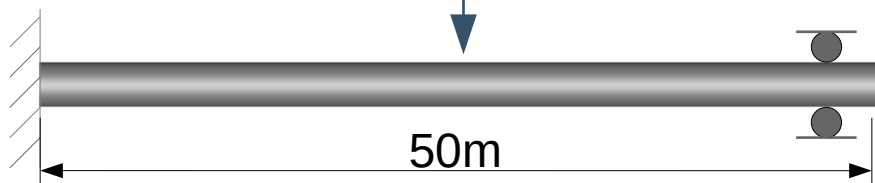
- 腐食の深さ（有効断面積）が減少する
→引張強度が減少する
- 腐食が長さ方向に変化する
→引張強度に影響がない

一様腐食でも有効断面積が同じであれば引張強度の影響は同じ

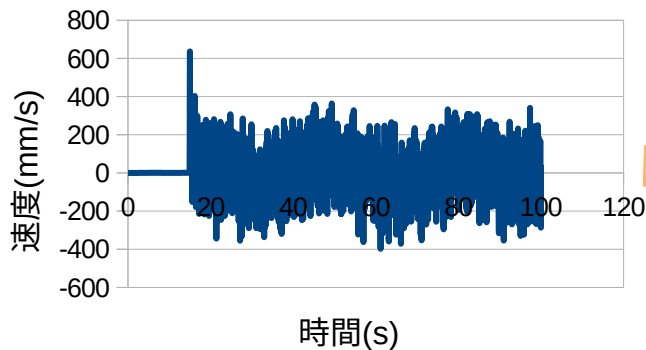
固有振動の測定方法

0s~5s 張力をゆっくりかける
5s~14.99s ケーブルを安定させる
15s 100kNの力を与える
15.01s~100s 卓越した振動を検出する

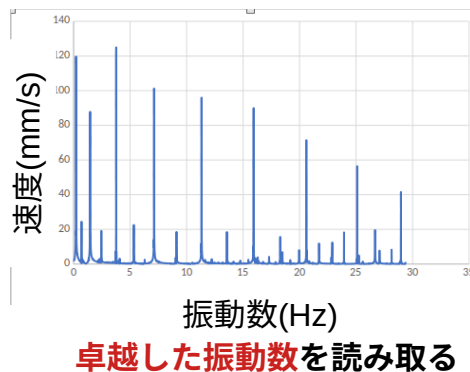
測定方法



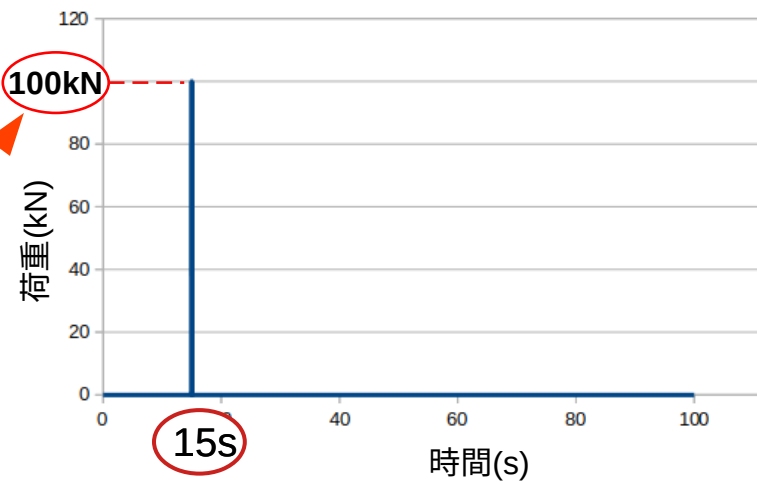
測定点
の速度



FFT



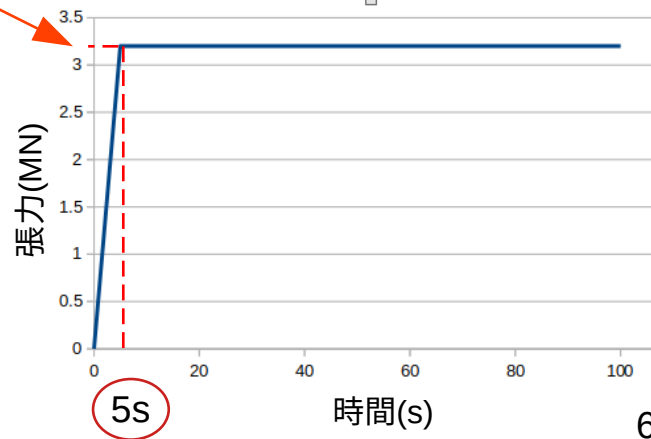
時間設定



3.2MN

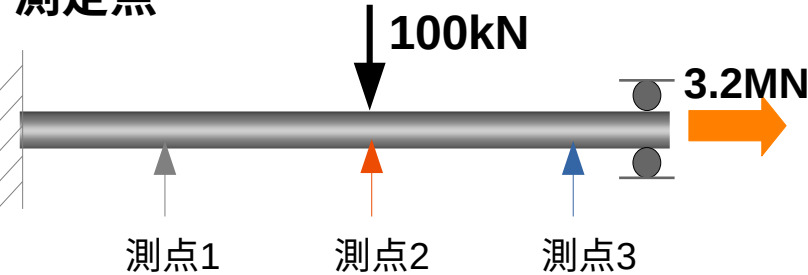
(斜張橋の初期張力)

張力設定

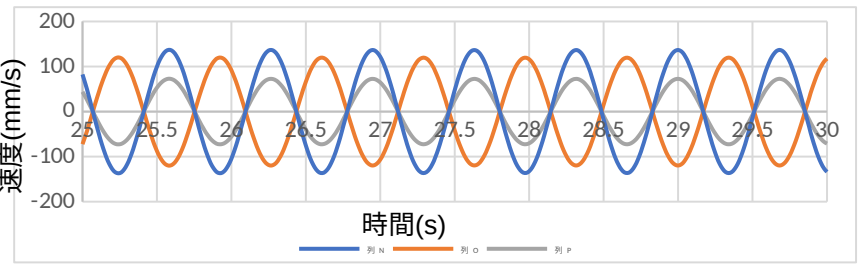


振動解析結果

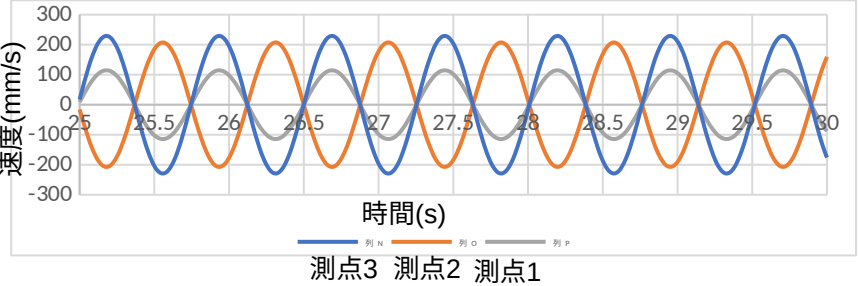
測定点



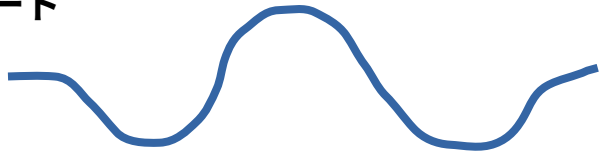
健全時



30m腐食



推定 3 次モード



モデル	振動数 (Hz)	健全時と誤差 (%)
健全時	1.465	-
0.3m	1.477	0.82
0.5m	1.489	1.64
1.0m	1.489	1.64
10m	1.440	-1.71
30m	1.331	-9.15
腐食半径 0.0375m	1.575	7.51
10m端部	1.477	0.82

弦の理論式

$$f = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{S}{\rho}}$$

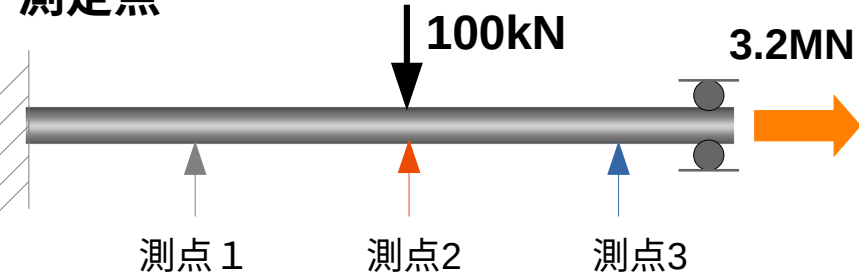
- f 振動数 [Hz]
- n 倍振動
- l 長さ [m]
- S 張力 [N]
- ρ 線密度 [kg/m]



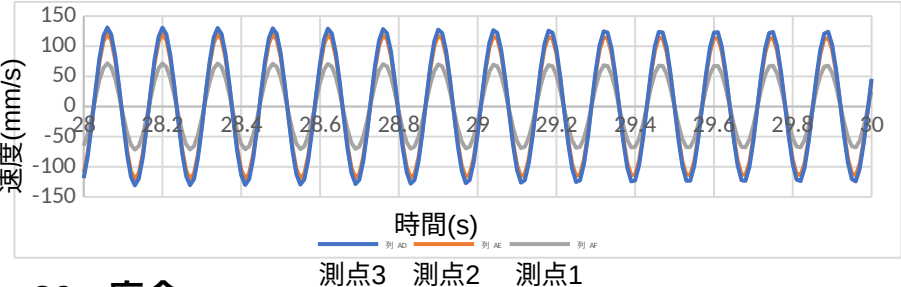
0.3m~10mの腐食では固有振動数は±2%
30m腐食では9.1%→長さ46%↑，密度23%↓

振動解析結果

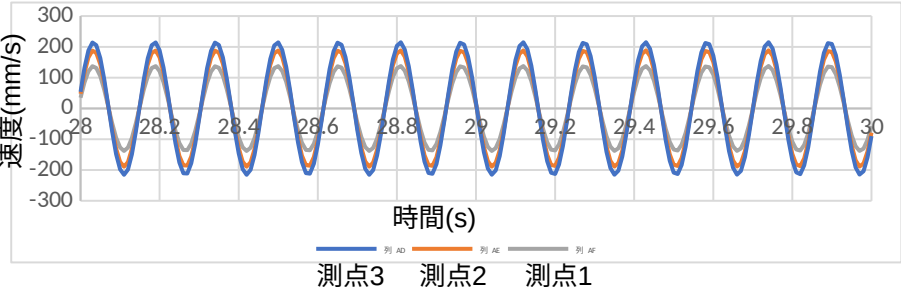
測定点



健全時



30m腐食



推定5次モード



モデル	振動数 (Hz)	健全時との誤差(%)
健全時	7.117	-
0.3m	7.200	1.17
0.5m	7.275	2.22
1.0m	7.288	2.40
10m	7.110	-0.10
30m	6.445	-9.44
腐食半径 37.5mm	7.568	6.33
10m端部	7.568	6.33

弦の理論式

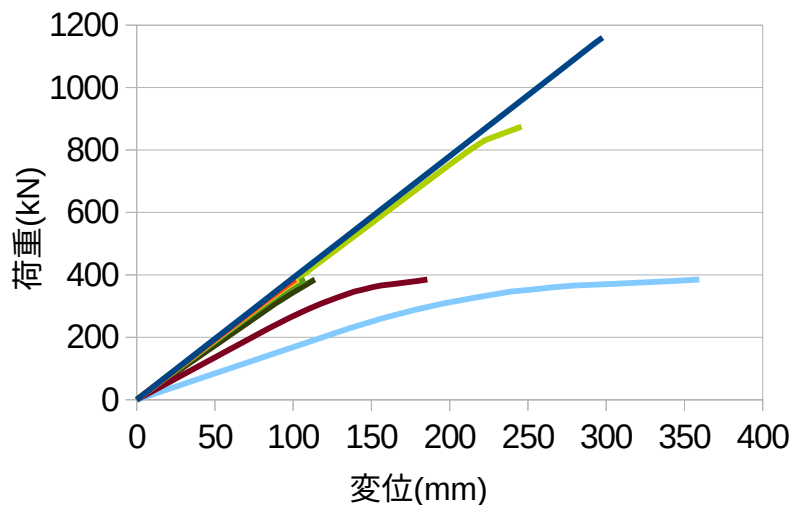
$$f = \frac{n}{2\ell} \sqrt{\frac{S}{\rho}}$$

- f 振動数 [Hz]
- n 倍振動
- l 長さ [m]
- S 張力 [N]
- ρ 線密度 [kg/m]

0.3m~10mの腐食では固有振動数は±2.5%
30m腐食では9.4% → 長さや密度の変化の影響が大きい 8

まとめ、今後の課題

引張解析



- 大きさにかかわらず，腐食すると**引張強度**に影響があった
- 引張強度は**深さ方向**（有効断面積）の腐食によって減少する

振動解析

モデル	振動数 (Hz)	健全時と誤差 (%)
健全時	1.465	-
0.3m	1.477	-0.82
0.5m	1.489	-1.64
1.0m	1.489	-1.64
10m	1.440	1.71
30m	1.331	9.15
腐食半径 0.0375m	1.575	-7.51
10m端部	1.477	-0.82

今後の課題

- 別の腐食の再現方法の検討
- ケーブル腐食を橋梁全体に適用させ，振動数やモードへの影響を調査する

- 振動モードは
0.3m~10mの腐食では
固有振動数は $\pm 2.5\%$
- 30m腐食では9.4%
→長さや密度の変化の
影響が大きい
- 実際に30m腐食し，長さや密度に影響するとは考えにくい。

補足資料

時刻歴応答解析設定

Timestep 0.01

直接積分法

ニューマーク法

Beta 0.25 Gamma 0.5

減衰は考慮なし

語録

ST1570被覆平行線ストランド（NEW-PWS）

プレハブストランド（PWS）

従来のワイヤロープのように素線をよりあわせず、素線を平行にたばねたもの。これまでのワイヤロープにかわる高性能ケーブル
橋梁や建築物などの吊構造材として軽量化、高性能化されている

振動解析（10s時）変位

モデル	変位(mm)
健全時	49.34
0.3m	49.77
0.5m	50.06
1.0m	50.69
10m	59.00
30m	72.35
37.5mm	50.40
10m端部	57.64