

グラウンドアンカー残存引張り力の非破壊評価方法に関する実物大模型実験

応用地質 正会員 ○斎藤秀樹

中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋 正会員 山崎 充

岐阜大学 フェロー会員 八嶋 厚 岐阜大学 名波一輝

岐阜大学 正会員 村田芳信 岐阜大学 正会員 荻谷敬三

応用地質 正会員 青池邦夫 応用地質 高橋一徳 応用地質 曾根好徳

1. はじめに

筆者らは、グラウンドアンカーの残存引張り力を非破壊で把握するため、アンカー頭部の PC 鋼材余長部に小型バイブレータを取り付け、スウィープ加振することによって、自由長部の「弦」の振動を励起し、その固有振動周波数から緊張力を算出する方法を提案したり、実際のアンカーのり面で、リフトオフ試験によって残存引張り力が判明しているグラウンドアンカーを対象に測定を試みたところ、自由長部の固有振動周波数と緊張力には明瞭な相関がみられたが、理論値との乖離があるなど、小型バイブレータの加振力で本当に自由長部の固有振動が励起されるのか、検証すべき課題が残された。そこで小型模型実験による検証を試みたが、自由長部の鋼材が太さのわりに短く、「弦」の振動と見なすことができない結果となった²⁾。今回、振動特性を正確に調べるため、より長い自由長部を有する実物大グラウンドアンカー模型を用いた模型実験を実施したので報告する。

2. グラウンドアンカー模型

実験に使用したアンカーは表 1 に示す 3 種類で、これらを順次、鋼製の 4,000kN 反力台に設置して実験を行った。アンカー自由長部の PC 鋼より線は気中に露出しており、直接加振したり受振器を設置したりすることが可能な構造である。各アンカーへの载荷は表 1 に示す 6 段階で行った。①～⑤の順に緊張力を上げ、所定の緊張力を保持する間に計測を行った。設定した緊張力を表 1 に示す。また、それぞれの緊張力を与えた時の自由長の「弦」の理論固有振動周波数をあわせて示す。

表 1 実験に用いたアンカーの諸元と段階载荷緊張力および予測される弦の理論固有振動周波数一覧表

アンカー規格	定着タイプ	PC鋼線本数	PC鋼線直径(mm)	線密度(kg/m)	許容アンカー力 Ta (kN)	降伏引張り力 Tys (kN)	自由長(m)	载荷段階					
								①	②	③	④	⑤	
								セット時	1/3 Ta	1/2 Ta	2/3 Ta	Ta	0.9Tys
								【上段】設定緊張力 (kN)					
【下段】理論固有振動周波数 (Hz)													
VSL E5-3	くさび	3	12.7	2.322	329.4	468	5.87	50	100	150	200	300	420
								12.5	17.7	21.6	25.0	30.6	36.2
SEEE F60UA	ナット	1	21.8	2.480	343.8	495	6.85	60	115	170	230	345	445
								11.4	15.7	19.1	22.2	27.2	30.9
SFL-3	くさびナット	3	15.2	3.303	469.8	666	7.22	43	155	235	310	470	600
								7.9	15.0	18.5	21.2	26.1	29.5

3. 実験方法および結果

今回実施した 3 項目の模型実験について、それぞれの方法と結果を述べる。

(1) 緊張力と自由長の固有振動周波数の関係

自由長部をゴムハンマーで打撃し自由振動を励起して、自由長部の中央付近に設置した加速度計で周波数を測定した。複数の PC 鋼より線を有するアンカーでは、それぞれの鋼より線で測定を行い、その平均値で評価した。図 1 に理論固有振動周波数と実測周波数の関係を示す。両者はほぼ 1 対 1 の関係にあり、自由長の固有振動が、弦の振

キーワード グラウンドアンカー、残存引張り力、模型実験、スウィープ、弦の振動、スペクトログラム

連絡先 〒331-0812 埼玉県さいたま市北区宮原町 1-66-2 応用地質株式会社 TEL 048-663-8614

動を表す理論式で説明できることがわかった。緊張力の増加に伴う PC 鋼より線の伸びや線密度の低下の影響を定量的に検討したが、本実験の設定の範囲では、固有振動周波数への影響は 0.5%以下であることがわかった。

(2) 余長部での加振による自由長部の固有振動の励起

余長部に小型バイブレータを取付け、PC 鋼より線と直交する方向に振動を与えた。与えた振動は、10~45Hz を 45 秒間で線型的に増加させる正弦波スイープ信号とした。受振は、自由長部の中央付近に設置した加速度計で行い 50 秒間の波形記録を取得した。加速度計記録のスペクトログラムの一例を図 2 に示す。スイープ周波数（図中の黄色破線）が自由長の固有振動周波数に達すると自由長部が振動し始め、一定の周波数（図中に記載）で振動が継続していることがわかる。この周波数は前項で述べた自由長部の固有振動周波数と一致する。以上のことから、余長部での加振によって自由長部に弦の固有振動を励起できることがわかった。

(3) 自由長部に励起された固有振動の余長部での検出

自由長部をゴムハンマーで打撃し、その振動を余長部に設置した加速度計で測定した。一例を図 3 に示す。打撃瞬間（図中↑）から、自由長部の固有振動が励起され、ほぼ同時に、余長部でも同じ周波数の振動が検出された。

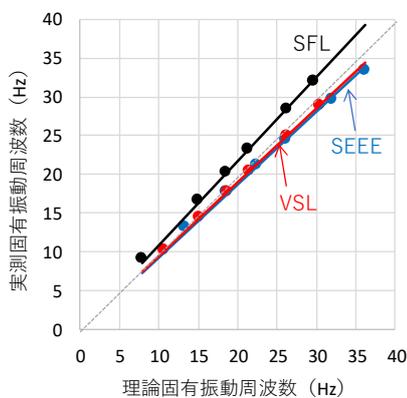


図 1 弦の理論固有振動周波数と実測周波数の関係

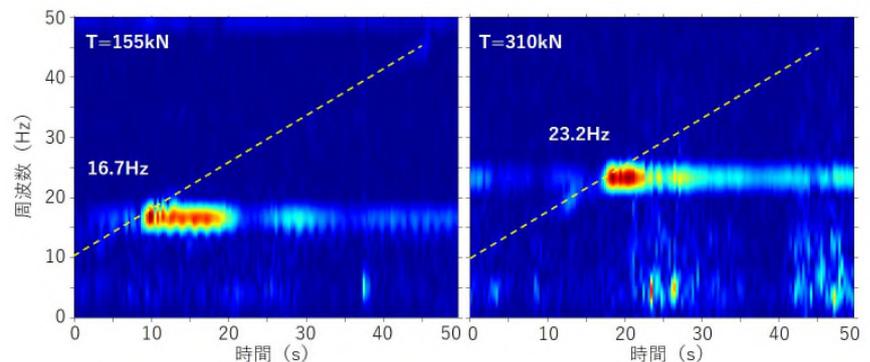


図 2 余長部加振/自由長部受振データのスペクトログラムの一例 SFL-3; 緊張力 155kN 時 (左) および 310kN 時 (右)

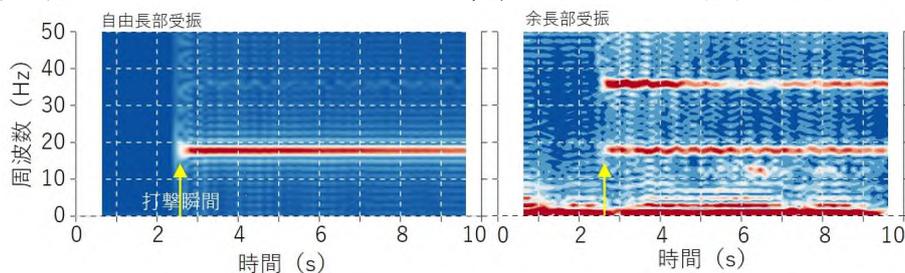


図 3 自由長部加振データのスペクトログラムの一例 (SEEE F60UA; 緊張力 116.4kN)
(左) 自由長部受振データ, (右) 余長部受振データ

4. おわりに

自由長部に励起される振動が「弦」の固有振動と見なせることがわかったことから、固有振動周波数を測定できれば、理論式から正確に緊張力を算出できることが示されたといえる。また、自由長部の弦の固有振動は余長部におけるスイープ加振によって励起できること、自由長部の固有振動を余長部で検出できることが示された。今後は、余長部のみでの加振・受振によって、確実かつ効率的に固有振動周波数を測定するシステムの確立を目指す。

謝辞

本研究は科学研究費補助金（挑戦的研究(萌芽) 18K18875）の支援により実施した。ここに記して感謝します。

参考文献

- 1) 斎藤秀樹・青池邦夫・八嶋 厚・山崎 充・宮澤敏孝・曾根好徳 (2017), 振動を用いたグラウンドアンカー残存引張り力の推定方法, 土木学会第 72 回年次学術講演会講演概要集, III-187, 373-374.
- 2) 斎藤秀樹・山崎 充・八嶋 厚・高橋一徳・青池邦夫・曾根好徳 (2018), グラウンドアンカー残存引張り力の非破壊評価方法に関する模型実験, 土木学会第 73 回年次学術講演会講演概要集, III-287, 573-574.