

振動法によるグラウンドアンカー緊張力測定の実証実験

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

応用地質 小川直人

応用地質 正会員 新部貴理

1. はじめに

筆者らは、グラウンドアンカーの残存緊張力を非破壊・非载荷で把握するため、アンカー頭部の PC 鋼材余長部に小型バイブレータを設置し、スイープ加振することによって自由長部に「弦」の固有振動を励起し、共振現象を利用してその固有振動周波数を測定し、理論式から緊張力を算出する方法を提案した¹⁾。本試験法は、引張り载荷しないことから、「リフトオフ試験」に対して「ノンリフト試験」と名付け、実用化を目指している。今回、これまでに実施した現場実証実験の結果をまとめ、リフトオフ試験結果との比較から適用性を検討したので報告する。

2. 測定対象アンカーとリフトオフ試験結果

測定対象としたアンカーは、表-1 に示すとおり、A～E の 5 つの法面の計 18 本のアンカーである。アンカーの種類は、SEEE (ナット定着)、KP (くさび・ナット定着)、VSL および SHS (くさび定着) の 4 種類である。テンドン自由長は 4.0～15.5m と比較的短い。すべてのアンカーでリフトオフ試験が実施されており、このうち 16 本のアンカーでは残存緊張力が求められている。表中の「評価」は、残存緊張力の判定の目安²⁾ にもとづく健全性の評価である。B-3 および B-4 のアンカーは、250kN の引張り载荷によっても「リフトオフ」せず、それ以上の荷重の载荷が危険であるため残存緊張力が求められず、緊張力による健全性評価が確定できなかったものである。

3. ノンリフト試験の方法

試験は、アンカーキャップを外し、防錆材を除去した状態で、アンカー鋼材の余長部に小型バイブレータと加速度計を取り付けて行った。加振波形は、正弦波の周波数を時間とともに連続的に増加させる周波数スイープ波形とした。加振時間は 60 秒または 120 秒とし、1oct/min より低い周波数増加率とした。複数の鋼線を有するアンカーでは、加速度計をすべての鋼線に取り付けておき、小型バイブレータを各鋼線に順次取り付けて、すべての鋼線の組合せで測定を行った。測定データと解析の一例を図-1 に示す。これは、E-2 アンカーの 1 本の鋼線で加振・受振したときの記録例である。スイープ周波数は、4.2～16.8Hz の 2oct であり、スイープ時間は 2 分間とした。図

の右上が時刻歴波形、右下がランニングスペクトル解析によるスペクトログラム、左下はランニングスペクトル解析時の各時間ウィンドウのフーリエスペクトルを重ね描きしたものである。スペクトログラム上の孤立したピーク（右下図中の縦横カーソルの交点）を共振点と判断し共振周波数を読み取った。複数の鋼線を有するアンカーでは、加振鋼線ごとに共振周波数を求め、鋼線数で平均を取って当該アンカーの共振周波数とした。

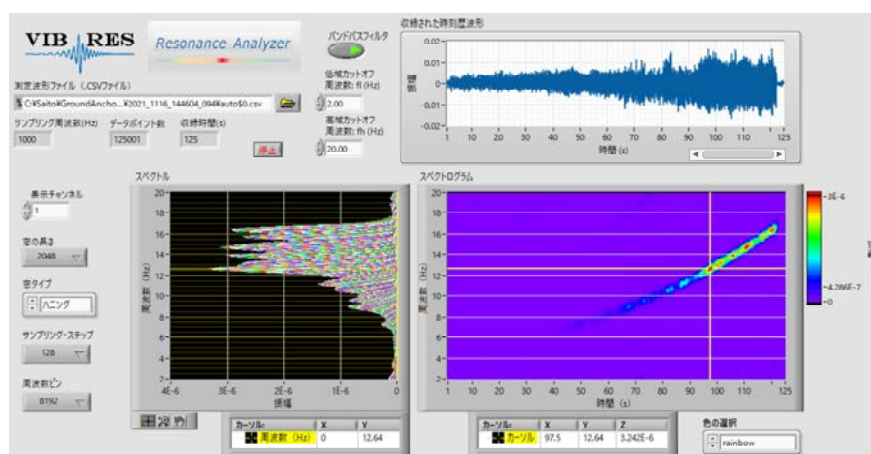


図-1 測定データの解析例 (E-2 アンカーの 1 本の鋼線)

キーワード グラウンドアンカー, 残存緊張力, 共振周波数, スウィープ, 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

表-1 対象アンカー，リフトオフ試験とノンリフト試験の結果

法面	No.	アンカー規格	定着タイプ	テンドン自由長 (m)	リフトオフ試験		ノンリフト試験 (本手法)		誤差 (P-Pe)/Pe (%)
					Pe (kN)	評価	P (kN)	評価	
A	A-1	SEEE	ナット	7.2	321.8	A	320.0	A	-0.6
	A-2	F70UA		7.2	310.0	A	306.8	A	-1.0
	A-3	SEEE	ナット	13.1	344.0	A	359.8	A	4.6
	A-4	F100UA		13.1	378.7	A	343.4	A	-9.3
	A-5			13.1	376.6	A	356.0	A	-5.5
B	B-1	KP	くさび・ナット	7.5	225.0	B	236.0	B	4.9
	B-2	5-2		7.5	172.0	A	174.0	A	1.2
	B-3			7.5	>250	C~D	251.0	C	-
	B-4	8.0		>250	C~D	284.0	D	-	
C	C-1	VSL	くさび	5.5	170.0	A	163.1	B	-4.1
	C-2	E5-3		4.0	243.2	A	251.6	A	3.5
D	D-1	VSL	くさび	5.5	194.7	A	195.1	A	0.2
	D-2	E5-3		13.5	283.6	A	281.0	A	-0.9
	D-3			9.5	253.7	A	249.1	A	-1.8
	D-4			15.0	291.4	A	284.1	A	-2.5
E	E-1	SHS	くさび	13.5	258.0	A	243.5	A	-5.6
	E-2	S5-3		15.5	252.0	A	262.7	A	4.2
	E-3			15.5	253.0	A	275.2	A	8.8

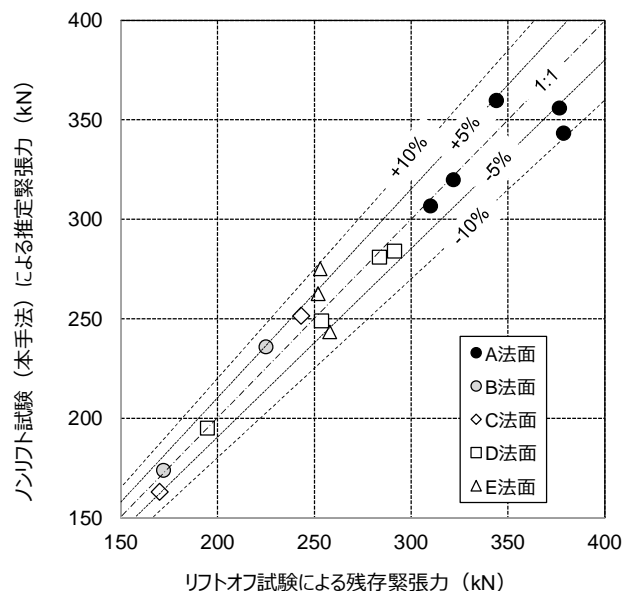


図-2 リフトオフ試験とノンリフト試験の結果の比較

解析で求めた共振周波数を自由長部の弦の固有振動周波数と考え、弦の緊張力と固有振動周波数の関係を示す理論式 (1) により緊張力を算出した。

$$T = 4L^2 f^2 \mu \quad \dots (1)$$

ここに、 T は緊張力 (N)、 L は自由長 (m)、 f は固有振動周波数 (Hz)、 μ は線密度 (kg/m) である。

4. 結果と考察

ノンリフト試験によって推定した緊張力 (P) をリフトオフ試験結果 (Pe) とともに表-1 に示す。また両者の関係を図-2 に示す。両者は概ね 1 : 1 の関係にあり、 Pe に対する P の誤差は、多くは±5%以内、大きくても±10%以内となっている。アンカーの種類やテンドン自由長の違いによる誤差の系統的な違いは見られない。

リフトオフ試験で残存緊張力を求めることができなかった B-3 および B-4 では、ノンリフト試験によって最大載荷荷重より高い緊張力が推定され、健全度評価を C および D と確定することができた。本手法は、このような過緊張アンカーに対しても、安全に緊張力を推定できることがひとつの特長と言えそうである。

一方、図-1 に示した記録例では共振点は比較的明瞭ではあるが複数のピークが見られたほか、共振点がこれより不明瞭なデータも存在した。今後、共振周波数の読み取り方法の標準化が必要となろう。

5. おわりに

今回対象としたアンカーは、4種類で、自由長は 15.5m 以下と短く、鋼線数も最多で 3 本であった。これ以外にも多くの種類のアンカーが存在し、自由長や鋼線数のバリエーションも多い。今後、より多くの種類のアンカーでリフトオフ試験との比較データを収集し、適用性を検討して、適用範囲の拡大、精度や信頼性の向上に努めたい。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金 (挑戦的研究(萌芽)18K18875・国際共同研究加速基金 (国際共同研究強化(B)20KK0091)) の支援により実施した。現場実験にあたっては道路管理者のご協力をいただいた。記して感謝します。

参考文献

- 1) 斎藤秀樹, 山崎 充, 八嶋 厚, 名波一輝, 青池邦夫, 曾根好徳 (2021) : 振動法によるグラウンドアンカー緊張力の推定, 土木学会論文集 C (地圏工学), Vol.74-3, pp.213-232.
- 2) 土木研究所, 日本アンカー協会, 三重大学, 高速道路総合研究所 (2020) : グラウンドアンカー維持管理マニュアル, 技報堂出版, pp.109-111.