

リフトオフ試験との比較に基づく
振動法によるグラウンドアンカー緊張力測定手法の適用性検証

中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋（株） 正会員 ○山崎 充，非会員 北村 崇広
応用地質（株） 正会員 斎藤 秀樹，正会員 新部 貴理，非会員 小川 直人
岐阜大学 フェロー会員 八嶋 厚

1. はじめに

グラウンドアンカー（以下、アンカー）の緊張力の点検，維持管理にはリフトオフ試験が行われる．リフトオフ試験は手間とコストを要するため，筆者らはこれに代わるもしくは補完する手法として，振動法によるアンカー緊張力の測定技術¹⁾の研究開発を行ってきた．本報は，現場アンカーにおいて行った振動法とリフトオフ試験のアンカー緊張力測定の結果を比較し，振動法の現場への適用性について検証するものである．

2. 振動法によるアンカー緊張力の測定方法

振動法によるアンカー緊張力の測定では，余長部に設置した加振機（小型バイブレータ）によりスイープ振動を与え，地盤内のテンドン自由長部の固有振動を励起させ，その振動周波数（共振周波数）を受振器（加速度計）で捉えて緊張力を求める．

加振機と受振器の設置方法は，鋼線（テンドン余長）が1本の場合には，1本の余長部に加振機と，受振器を加振機に1器，L型治具に1器，余長部に2器を設置して測定を行う（図1）．実物大のアンカー模型や現場アンカーの検証結果から，加振しない鋼線の余長部でも加振した鋼線の共振周波数を捉えられることが分かっているため²⁾，例えば4本の鋼線の場合には，1本の鋼線に加振機と受振器（2器），加振しない2本の鋼線に受振器を設置して測定を行う（図2）．また，現場アンカーの測定では緊張力は不明のため，与えるスイープ振動の波形を0.05 T_{us} 以下に相当する周波数から T_{ys} 以上に相当する周波数の幅で1回目の測定を行う．1回目の測定で共振周波数が検出できれば，共振周波数を含む狭い幅の波形で2回目の測定を行う．共振周波数が認められない場合には，周波数範囲を低周波側，高周波側にシフトし，加振時間を長くするなどして2回目以降の測定を行う．複数鋼線の場合には，これらの測定（加振・受振）を全ての鋼線で繰り返して行う．このようにして得た各鋼線の共振周波数から緊張力を求め，それらを加算してアンカーの緊張力を算出する．共振周波数を読み取ることができない鋼線がある場合には，読み取りができた鋼線の緊張力から，全鋼線分に相当する緊張力を算出する．

3. 比較検証に用いた現場のアンカー

比較検証に用いた現場アンカーを表1に示す．測定の総数は112本，定着タイプ別ではナットが8本，くさびが76本，くさびナットが28本である．リフトオフ試験では，過緊張状態のアンカーが2本あり，リフトオフ試験を載荷途中で中止したため両者の比較数は110本となる．

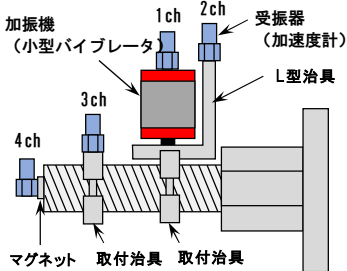


図1 1本鋼線アンカーの機器設置図

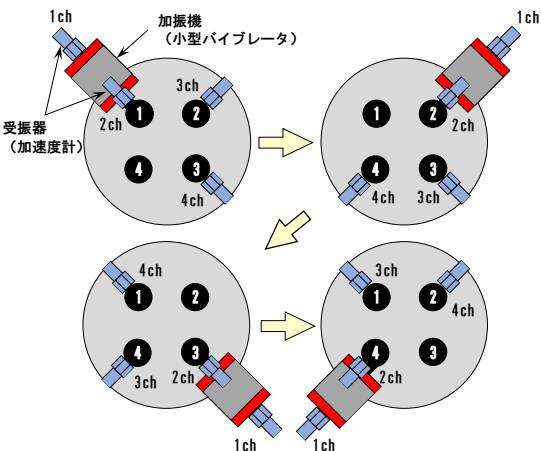


図2 4本鋼線アンカーの機器設置図

表1 振動法による測定アンカー

定着タイプ	振動法測定数	テンドン自由長 l_{sf} (m)	鋼線数 (本)	リフトオフ試験比較数 (n)
ナット	8	7.2~13.1	1	8
くさび	76	4.0~17.0	2~8	76
くさびナット	28	4.0~14.5	1~4	26
合計	112	—	—	110

キーワード グラウンドアンカー，残存緊張力，共振周波数，リフトオフ試験

連絡先 〒460-0003 名古屋市中区錦 1-8-11 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋（株） TEL 052-212-4527

4. リフトオフ試験との比較と現場への適用性

(1) 振動法による緊張力測定の結果

表 2 に振動法による緊張力測定の結果を示す。測定した全てのアンカーにおいて緊張力を求めることができた。振動法の緊張力がリフトオフ試験の緊張力に対して±10%の範囲から外れたものは、110 本のうち 19 本（17.3%）で、 T_{us} 、 T_{ys} との関係から得られる緊張力の健全度の目安³⁾が、リフトオフ試験と異なるものは、110 本のうち 9 本（8.2%）であった。

(2) リフトオフ試験結果との相関性

図 3 にリフトオフ試験と振動法による緊張力の関係を示す。全タイプにおける両者の関係を見ると、回帰直線の傾き (α) は 1.011, 決定係数 (R^2) は 0.982 であり、タイプ別に見ても α は 0.996~1.018, R^2 は 0.979~0.995 である。振動法とリフトオフ試験による緊張力には高い相関が認められた。

(3) 振動法による緊張力の誤差とバラツキ

表 3 に振動法による緊張力のリフトオフ試験に対する誤差とバラツキ（標準偏差）を示す。ここでの誤差とは、振動法の緊張力を P_v 、リフトオフ試験の緊張力を P_e としたとき、 $(P_v - P_e) / P_e \times 100$ の計算式から求めた値をいう。全タイプにおける誤差の最大は 20.1%, 最小は-21.5%であり、標準偏差 σ は 7.0%, 2σ は 13.9%であった。振動法による緊張力は、約 95% がリフトオフ試験に対して±13.9%の範囲に入った。

(4) 見逃し率と空振り率

最後に、久田ら⁴⁾による見逃し率（緊張力が「D⁺（破断の恐れあり）」であるにも関わらず、測定値で「B⁺以下」と評価し、破断の恐れのある状態を見逃してしまう確率）、空振り率（緊張力が「A（健全）」であるにも関わらず、測定値で「C⁺」と評価し、空振りのリフトオフ試験を実施してしまう確率）について検証する。振動法による測定において、見逃しに相当する結果となったアンカー、空振りに相当する結果となったアンカーはなく、振動法の見逃し率、空振り率は 0.0%という結果であった。

謝辞：本研究の一部は、科学研究費補助金（国際共同研究加速金（国際共同研究強化(B)20KK0091）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, 山崎充, 八嶋厚, 名波一輝, 青池邦夫, 曾根好徳：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.77, No.3, pp.213-232, 2021.

2) 斎藤秀樹, 山崎充, 八嶋厚, 名波一輝, 小島杏介, 小河原敬徳：振動を用いたグラウンドアンカー緊張力測定手法のくさび定着タイプアンカーへの適用, 第 76 回土木学会年次学術講演集, III-183, 2021.

3) 国立研究開発法人土木研究所, 一般社団法人日本アンカー協会, 国立大学法人三重大学, (株) 高速道路総合技術研究所：グラウンドアンカー維持管理マニュアル, pp.109-111, 2020.

4) 久田裕史, 田山聡, 藤原優, 藤巴太郎：X 線を用いたグラウンドアンカーの緊張力評価手法の現地適用性評価, 第 77 回土木学会年次学術講演集, III-202, 2022.

表 2 振動法によるアンカー緊張力測定結果

項 目	全データ		
	数(n)	母数(N)	割合(%)
緊張力を求められなかったもの	0	112	0.0
リフトオフ試験に対して ±10%範囲から外れたもの	19	110	17.3
リフトオフ試験の評価と異なる健全度となったもの	9	110	8.2

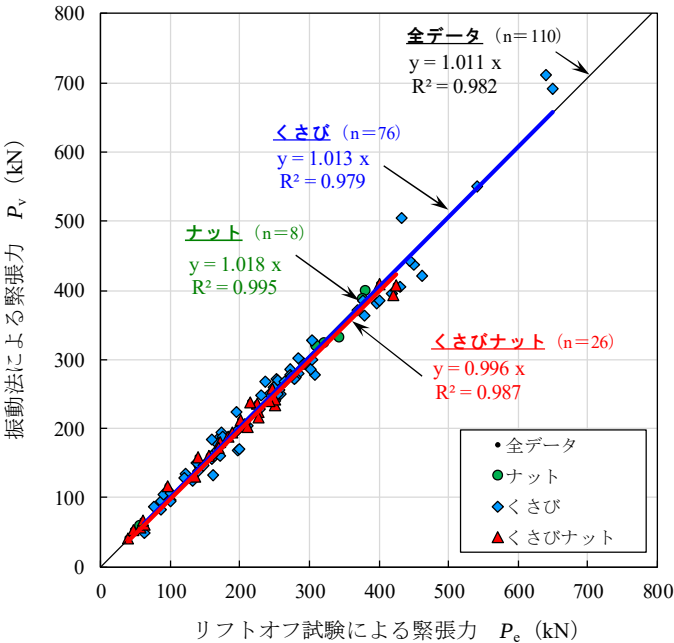


図 3 振動法とリフトオフ試験の緊張力の関係

表 3 リフトオフ試験に対する誤差・バラツキ

定着タイプ		全データ	ナット	くさび	くさびナット
項目	データ数	110	8	76	26
誤差	平均 (%)	1.5	2.4	1.1	2.7
	最大 (%)	20.1	5.2	16.4	20.1
	最小 (%)	-21.5	-3.6	-21.5	-6.9
標準偏差	σ (%)	7.0	2.7	7.4	6.5
	2σ (%)	13.9	5.4	14.8	13.0