

3. 振動試験によるクリップ型ばねの性能確認

Performance Confirmation of Clip-type Springs by Vibration Test

山崎 彬* 波田雅也* 下村将之*

—概要—

筆者らは、注入式接着系あと施工アンカー工法において、アンカー筋へ容易に装着が可能なクリップ型の固定部材（以下、クリップ型ばね）を用いたあと施工アンカー工法を提案している。孔内に挿入されたクリップ型ばねは、スペーサーとストッパーの機能を発揮し、従来通りの施工方法を変えることなく施工精度と施工効率の向上が期待できる。

本報では、車両通行時に振動が発生する鉄道橋や道路橋を供用しながら上向きにアンカーを施工することを想定して、振動下におけるクリップ型ばねのストッパー機能を確認した振動試験の結果を報告する。振動試験の結果、クリップ型ばねは振動下においてもストッパー機能を発揮し、アンカー筋のずれ防止に有効であることが確認された。

—技術的な特長—

開発した工法は、クリップ型ばねを事前にアンカー筋に装着し、孔内に挿入する。クリップ型ばねには一方向に角度を持たせた「腕部」がある。この腕部は、アンカー筋を孔の中央に設置する「スペーサー機能」を果たし、アンカー筋全周に接着剤を均一に充填でき、施工精度を確保する。さらにクリップ型ばねは、接着剤が硬化する間のアンカー筋のずれや傾きを防ぐ「ストッパー機能」を果たす。従来の工法は、アンカー筋の挿入後にずれや傾きを防ぐための仮止め作業を実施していたが、開発した工法は、アンカー筋の挿入と同時に仮止め作業が完了するため、施工効率が向上する（図1）。

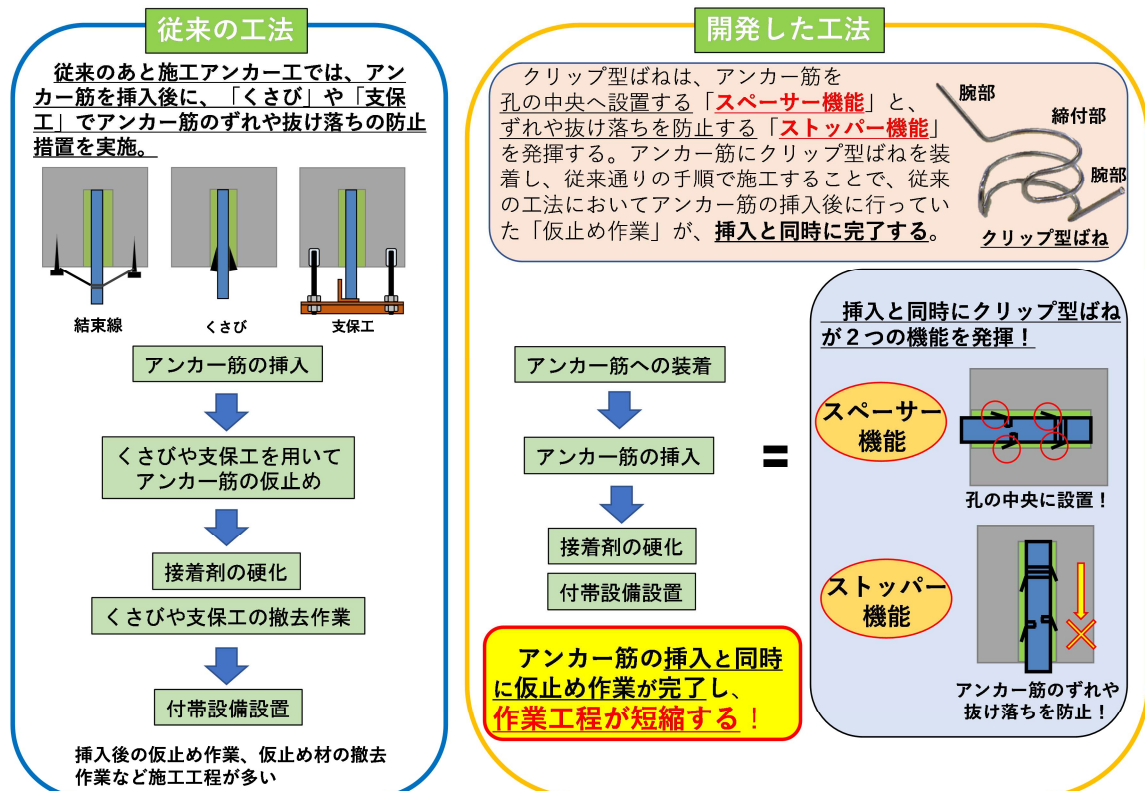


図1 従来の工法との施工手順の比較およびクリップ型ばねによる効果

※本研究は、青木あすなる建設(株)と遠州スプリング(有)との共同研究成果の一部である。本報は、土木学会全国大会年次学術講演会(2022.08, V-265)で発表したものに、加筆・修正したものである。

振動試験によるクリップ型ばねの性能確認 Performance Confirmation of Clip-type Springs by Vibration Test

○山崎 彬* 波田 雅也* 下村 将之*

Akira YAMASAKI Masaya HADA Masayuki SHITAMURA

ABSTRACT We have proposed an injection-type adhesive post-construction anchor method using a clip-type fixing member that can be easily attached to the anchor bar. The fixing member embedded in the hole functions as a "spacer" and a "stopper" to improve the construction accuracy and construction efficiency without changing the conventional construction method. In this paper, we conducted a vibration test to confirm the stopper function of the clip-type spring under vibration, assuming that the anchor is installed upward to a railroad bridge or road bridge that vibrates when vehicles pass. As a result, it was confirmed that the clip-type spring exerts a stopper function and prevents the displacement of the anchor bar even under vibration.

Keywords : 接着系アンカー, 注入式, クリップ型ばね, 振動試験
Adhesive Anchor, Injection-type, Clip-type Spring, Vibration Test

1. はじめに

注入式接着系アンカーは、高い耐力が期待できるため幅広い用途で使用されているが、接着剤が硬化する間にアンカー筋が自重等で下方にずれることや、横向き施工ではアンカー筋が傾き、接着剤の固着が不均一になることなどの問題が懸念される。そこで、筆者らはアンカー筋として用いられる全ねじボルト、異形棒鋼に装着することで、上記の懸念事項を解決できる固定部材を開発した^{1)~6)}。開発した固定部材をアンカー筋に装着し従来通りに孔内に挿入する。挿入された固定部材は、アンカー筋を穿孔の中心に設置する「スペーサー機能」とアンカー筋のずれを防止する「ストッパー機能」を発揮し、施工精度の確保と施工効率の向上が期待できる(図1)。

既報の技術研究所報^{7)~9)}では、写真1に示す固定部材の開発を行い、開発した固定部材を用いて性能確認試験を実施した結果について報告した。試験の結果は、すべての固定部材において期待する機能(スペーサー機能・ストッパー機能)を発揮することが確認された。

本報では、写真2に示すクリップ型の固定部材(以下、クリップ型ばね)を開発し、振動下にお

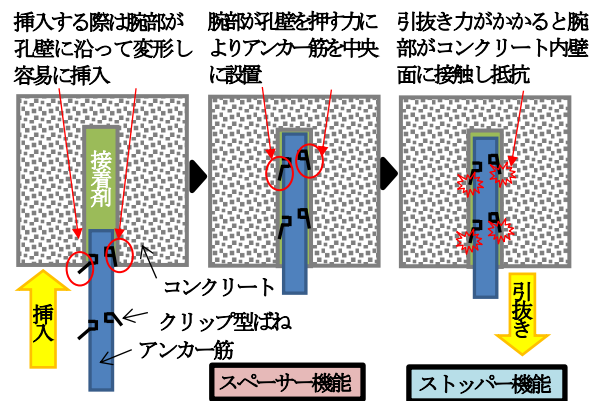
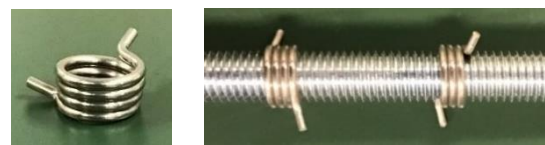


図1 固定部材を用いたあと施工アンカー工法の施工手順と各機能のメカニズム



(a) 朝顔型_全ねじボルト専用



(b) クリップ型_異形棒鋼専用



(c) クリップ型_全ねじボルト・異形棒鋼両用

写真1 これまで開発した固定部材とアンカー筋に装着した状況

*技術研究所 構造研究部 土木構造研究室



写真2 新たに開発した固定部材とアンカー筋に装着した状況

けるクリップ型ばねのストッパー機能を確認した振動試験の結果について報告する。

2. クリップ型ばね

2.1 クリップ型ばねの特徴

今回開発したクリップ型ばねの素材は、これまでと同様、ばね用ステンレス鋼線の SUS304-WPB を用いた。写真2 (a) に示すように、クリップ型ばねは大きくわけて「腕部」、「折返し部」、「締付け部」の3つの要素で構成され、腕部は「スペーサー機能」と「ストッパー機能」を担う重要な部分である。今回開発したクリップ型ばねは、写真1 (c) のクリップ型ばねを改良したばねで、締付け部の数を増やして締付け力の増大を図っ

たとともに、アンカー筋への装着性を向上させた。

2.2 クリップ型ばねを用いた工法の施工手順

写真3 に従来の施工手順とクリップ型ばねを用いた施工手順を示す。施工手順は従来の施工手順と大きな違いはなく、(4)アンカー筋の準備の際にアンカー筋1本あたり2個以上のクリップ型ばねを装着する。なお、装着は、人力で容易に装着ができる。クリップ型ばねを装着することで、アンカー筋の挿入と同時に従来の工法で実施していたアンカー筋の仮止め作業が完了する。その結果、従来の工法では、アンカー筋の挿入後に実施していた(8)仮止め作業と、接着剤の硬化後に仮止め作業に使用した材料の(10)撤去作業が不要となり、施工工程が短縮する。



写真3 従来の施工手順とクリップ型ばねを用いた施工手順の比較

3. クリップ型ばねの性能確認

3.1 振動試験の目的

あと施工アンカーは、橋梁の耐震補強工事において、落橋防止装置工など多数の用途で使用され、中には、床板への施工として上向き施工にも適用される。床板は車両が通行する際に振動するため、上向きにあと施工アンカーを施工する際は、振動により、アンカー筋が下方へずれないよう、仮止め作業を行う必要がある。そこで、車両通行時に振動が発生する鉄道橋や道路橋を供用しながら上向きにあと施工アンカーを施工する状況を想定して、振動下におけるクリップ型ばねのストッパー機能を確認した。

3.2 試験の諸元

写真4に母材となるコンクリートブロック(500×150×200)を示す。1体の母材には、湿式コアドリル(WC)、乾式コアドリル(DC)、ハンマードリル(HD)の3種類の穿孔機械で各1体ずつ計3個の穿孔を行った(写真5)。穿孔径はアンカ

一筋の呼び径+10mmを目標に、現場でそれぞれの穿孔機械で実際に穿孔される径とした。埋込深さは、湿式コア、乾式コアでの穿孔は175mmで、ハンマードリルでの穿孔は150mmとした。写真6にアンカー筋(D25×1000:3838g)とクリップ型ばねの装着状況を示す。クリップ型ばねは、アンカー筋1本に対し2個装着するものとし、クリップ型ばねは線径が1.5mmと1.8mmの2種類のばねを用いた。試験パラメータを表1に示す。今回の振動試験は接着剤を使用しない条件とし、各試験体2体ずつ実施した。

3.3 加振条件

加振状況を写真7に示す。加振は当社研究所が保有する疲労試験機を用いて上下方向の振動を再現した。2体の母材を疲労試験機に接続した鋼板と2本の支持板で挟みボルトで固定し、図2に示す入力波形(正弦波、振幅:±0.5mm、振動数:5.0Hz)の振動条件¹⁰⁾で試験体挿入後に加振を開始した。加振は一度に2体ずつ、穿孔機械が同じ

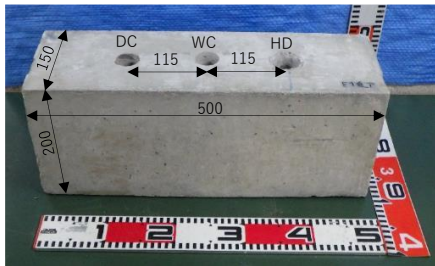


写真4 母材 (150×500×200)

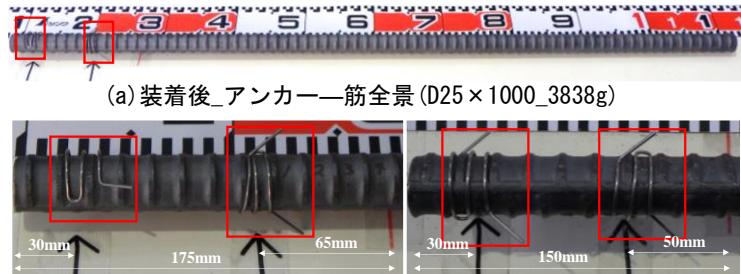


写真6 アンカー筋とクリップ型ばねの装着状況



写真5 穿孔状況(乾式コア)

表1 試験パラメータ

No.	試験体名	施工向き	アンカー筋	接着剤	振動条件	穿孔	ばね仕様 (線径×個数)	試験順序
1	WC_1.5-2.1	上向き	D25×1000	なし	正弦波 振幅(a):0.5mm 振動数(f):5.0Hz 振動時間:2h	湿式コアドリル(WC)	φ1.5×2	1
2	WC_1.5-2.2							2
3	WC_1.8-2.1					φ1 1/4(インチ)×175mm	1	
4	WC_1.8-2.2						2	
5	DC_1.5-2.1					乾式コアドリル(DC)	φ1.5×2	4
6	DC_1.5-2.2							5
7	DC_1.8-2.1					φ1 1/4(インチ)×175(mm)	φ1.8×2	4
8	DC_1.8-2.2							5
9	HD_1.5-2.1					ハンマードリル(HD)	φ1.5×2	3
10	HD_1.5-2.2							6
11	HD_1.8-2.1					φ35(mm)×150(mm)	φ1.8×2	3
12	HD_1.8-2.2							6

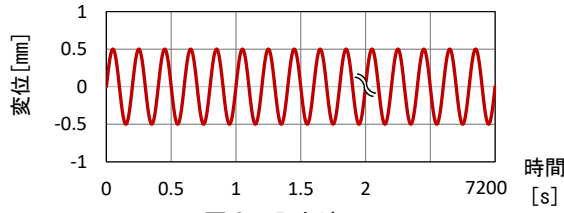
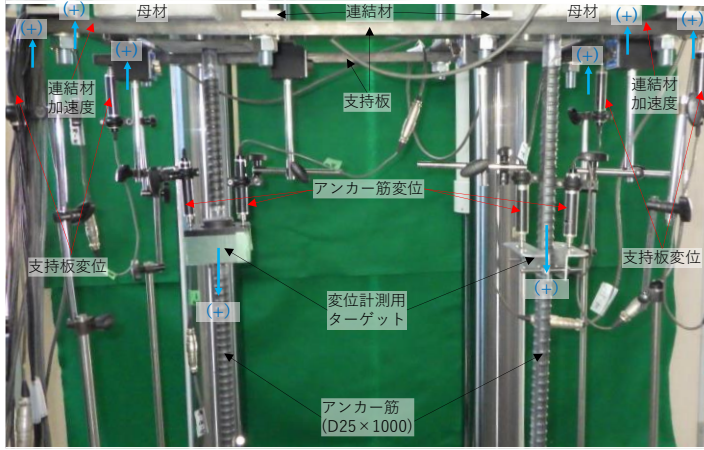
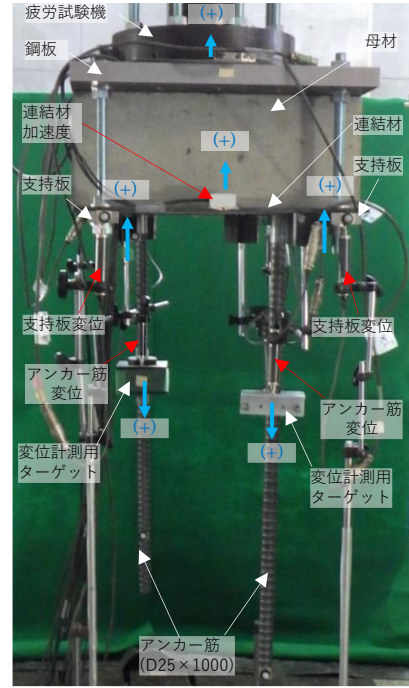


図2 入力波形



(a) 側面



(b) 正面

写真7 加振状況

条件で、クリップ型ばねの線径が異なる条件で実施した。加振時間は、寒冷時における接着剤の可使用時間中に振動を受けることを想定し、2時間(7200秒)とした。

3.4 計測項目・方法

計測はアンカー筋変位(支持板とアンカー筋に固定したターゲットの相対変位)、支持板変位(地上と支持板の絶対変位)、連結材(2本の支持板を連結する部材)の加速度とした。アンカー筋変位は、アンカー筋にアンカー軸を対称とする2点にターゲットを設け、高感度変位計(CDP-10)を用

いて計測し、アンカー筋の引抜ける方向である下向きを正とした。支持板変位は、支持板の4点をCDP-10を用いて、連結材加速度は、4本のうち2本の連結材の中央部2点を加速度計(ARF-20A-T)を用いて計測し、どちらも疲労試験機の正負方向と同じ上向きを正とした。

3.5 振動試験結果

図3に異なる穿孔機械の各々1体目のアンカー筋変位の推移を、クリップ型ばねの線径別にまとめて示す。また表2に結果一覧を示す。図3には、アンカー筋変位の推移より最小二乗法で算出し

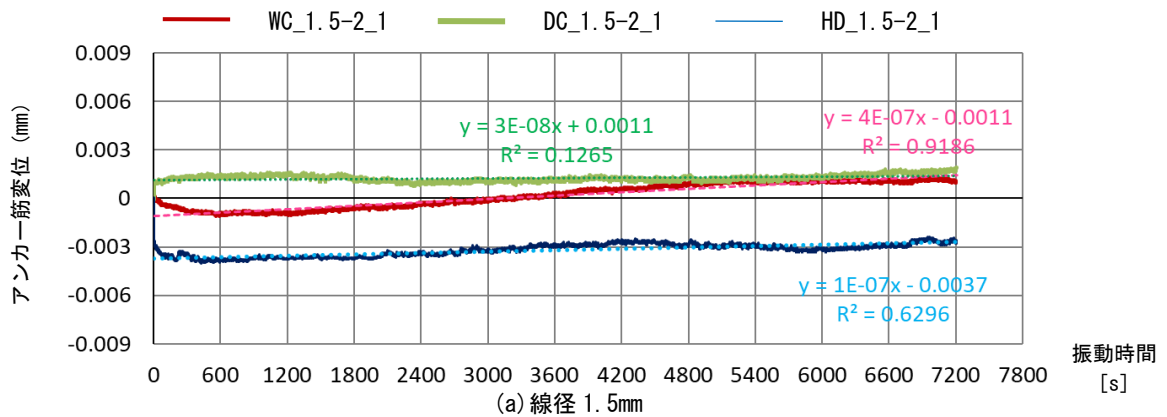


図3 アンカー筋変位の推移 (1/2)

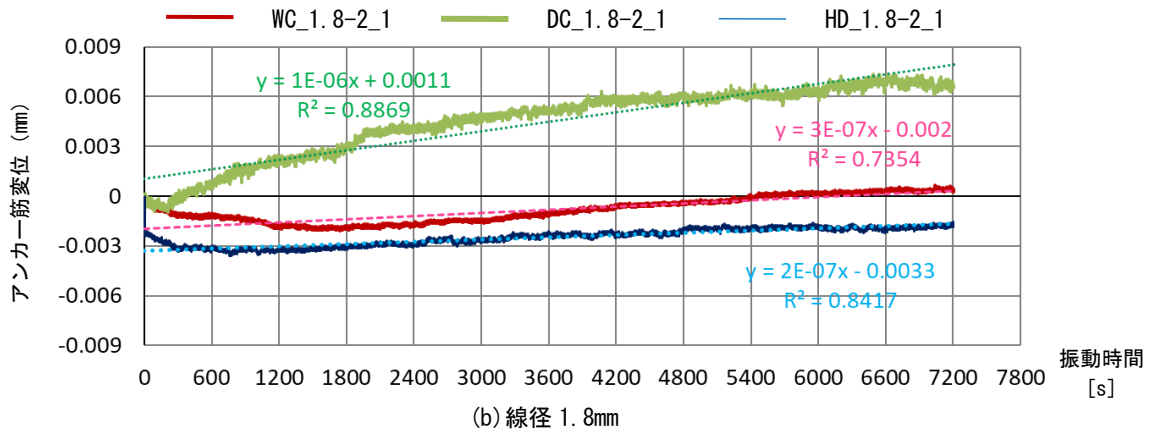


図3 アンカー筋変位の推移 (2/2)

た近似曲線並びに近似式も併せて示す。なお、結果の数値は各計測項目の平均値である。

図3と表2より、穿孔機械(WC、DC、HD)によらず、試験終了時(7200s)のアンカー筋変位および総変位量は、0.009mm未満とごく小さかった。試験開始直後ないし0.5時間(1800s)程度まで、アンカー筋が重力に逆らって上向き(-)に変位(最大-0.004mm程度)しているものがあるが、これは孔壁の細かい凹凸とクリップ型ばねの腕部との噛み合いが馴染む過程と考えられる。0.5時間以降は徐々に下向き(+)に変位が推移した後、およそ1.5時間(5400s)あたりからは概ね横ばいに推移した。

表2より、試験体数2体のアンカー筋の総変位量の平均値、ならびに標準偏差は、どの穿孔機械でも線径が細い方が小さかった。線径が太い方がコンクリートを押す力は強くなり引抜き耐力は高くなるが、振動下では線径が細い方が、腕部が振動に対し柔軟に挙動し、アンカー筋の変位や挙動のばらつきを抑えたと考えられる。また、近似式から推定した24時間後のアンカー筋変位は最大で0.09mm(DC_1.8-2_1)とごくわずかであった。したがって、クリップ型ばねが振動下においても変わらずにストッパー機能を発揮したといえる。

表2 試験結果

試験体名	アンカー筋変位 (mm)			総変位量 (mm)	総変位量		近似式から推定した24時間後のアンカー筋変位	
	7200秒時	MAX	MIN		平均 (mm)	標準偏差	近似式	
							近似式	変位(mm)
1 WC_1.5-2_1	0.0010	0.0012	-0.0011	0.0023	0.0024	0.0001	$y=4E-7 *t -1.1E-3$	0.0335
2 WC_1.5-2_2	0.0016	0.0019	-0.0006	0.0025			$y=3E-7 *t -6.0E-5$	0.0259
3 WC_1.8-2_1	0.0003	0.0017	-0.0007	0.0024	0.0039	0.0021	$y=3E-7 *t -2.0E-3$	0.0239
4 WC_1.8-2_2	0.0045	0.0039	-0.0014	0.0053			$y=8E-7 *t -5.0E-4$	0.0686
5 DC_1.5-2_1	0.0017	0.0015	-0.0002	0.0017	0.0020	0.0004	$y=3E-8 *t +1.1E-3$	0.0037
6 DC_1.5-2_2	0.0010	0.0021	-0.0002	0.0023			$y=8E-8 *t +9.0E-4$	0.0078
7 DC_1.8-2_1	0.0067	0.0070	-0.0014	0.0084	0.0059	0.0036	$y=1E-6 *t +1.1E-3$	0.0875
8 DC_1.8-2_2	0.0033	0.0030	-0.0003	0.0033			$y=3E-7 *t +1.2E-3$	0.0271
9 HD_1.5-2_1	-0.0028	-0.0007	-0.0048	0.0055	0.0043	0.0018	$y=1E-7 *t -3.7E-3$	0.0049
10 HD_1.5-2_2	0.0005	0.0018	-0.0012	0.0030			$y=3E-7 *t -1.0E-3$	0.0249
11 HD_1.8-2_1	-0.0017	-0.0005	-0.0040	0.0045	0.0055	0.0014	$y=2E-7 *t -3.3E-3$	0.0140
12 HD_1.8-2_2	0.0001	0.0037	-0.0028	0.0065			$y=1E-7 *t +1.0E-4$	0.0088

※総変位量：アンカー筋変位の最大値と最小値の絶対値の和

4. まとめ

本報では、鉄道橋や道路橋などの現場で起こり得る、振動を受ける躯体にアンカーを施工する条件を想定して、振動下におけるクリップ型ばねのストッパー機能を確認する振動試験を実施した。以下に得られた結果を示す。

- (1) 穿孔機械 (WC、DC、HD) によらず、試験終了時 (7200s) のアンカー筋変位とアンカー筋の総変位量は0.01mm未満とごく小さかった。
- (2) 振動開始後、孔壁の細かい凹凸とクリップ型ばねの腕部との噛み合いが馴染むまで、上向きや下向きのアンカー筋変位が生じているが、およそ1.5時間 (5400s) あたりからは概ね横ばいに推移した。
- (3) クリップ型ばねの線径を比較すると、試験体数2体のアンカー筋の総変位量の平均値と標準偏差は、穿孔機械によらず線径が1.5mmの方が小さかった。
- (4) 近似式より推定した24時間後のアンカー筋変位は最大で0.09mmとごくわずかで、クリップ型ばねが振動下においても変わらずにストッパー機能を発揮した。

【謝辞】

本研究は、青木あすなろ建設(株)と遠州スプリング(有)の共同研究成果の一部である。本報は文献11)で発表した内容に加筆修正したものである。クリップ型ばねの開発から本試験に際して、遠州スプリング(有)の栗屋社長および山代顧問に懇切丁寧な指導して頂いた。ここに感謝の意を示す。

【参考文献】

- 1) 山崎 彬, 波田雅也, 牛島 栄, 栗屋紘介: 注入式接着系あと施工アンカーの施工効率の向上を図る工法の開発(報告), コンクリート工学年次論文集, Vol.43, No.2, pp.1315-1320, 2020.6
- 2) 山崎 彬, 劉 翠平, 波田雅也, 牛島 栄: クリップ型ばねを用いた注入式接着系あと施工アンカー工法の性能確認試験, コンクリート

- 工学年次論文集, Vol.43, No.2, pp.913-918, 2021.6
- 3) 山崎 彬, 波田雅也, 木村浩之, 牛島 栄, 栗屋紘介, 山代育民: 施工効率の向上を図る接着系あと施工アンカー工法の提案, 土木学会第74回年次学術講演会梗概集, V-342, 2019.9
- 4) 山崎 彬, 波田雅也, 牛島 栄, 栗屋紘介, 山代育民: 注入式接着系あと施工アンカー工法の施工効率の向上を図る固定部材の提案, 土木学会第75回年次学術講演会, V-638, 2020.9
- 5) 山崎 彬, 劉 翠平, 波田雅也, 下村将之, 栗屋紘介, 山代育民: クリップ型ばねのパイプ注入工法への適用の検討, 土木学会関東支部第48回技術研究発表会, V-20, 2021.2
- 6) 山崎 彬, 劉 翠平, 波田雅也, 下村将之, 牛島 栄, 栗屋紘介, 山代育民: 異なる穿孔径におけるクリップ型ばねの性能確認試験, 土木学会第76回年次学術講演会, V-478, 2021.8
- 7) 山崎 彬, 波田雅也, 下村将之: 施工精度・施工効率の向上を図る接着系あと施工アンカー工法の開発, 青木あすなろ建設技術研究所報, Vol.5, pp.1-6, 2020.3
- 8) 山崎 彬, 劉 翠平, 波田雅也, 下村将之: クリップ型ばねを用いた注入式接着系あと施工アンカー工法の性能評価, 青木あすなろ建設技術研究所報, Vol.6, pp.1-8, 2021.3
- 9) 山崎 彬, 劉 翠平, 波田雅也, 下村将之: クリップ型ばねの性能確認および適用範囲の検証, 青木あすなろ建設技術研究所報, Vol.7, pp.1-8, 2022.3
- 10) 椿 龍也, 林 和彦, 狩野 周: 振動作用下で硬化した断面修復材の付着強度試験方法, セメントコンクリート論文集, No.61, pp.168-174, 2008.2
- 11) 山崎 彬, 波田雅也, 下村将之, 牛島 栄, 栗屋紘介, 山代育民: 振動下におけるクリップ型ばねの性能確認, 土木学会第77回年次学術講演会, V-265, 2022.8