

振動下におけるクリップ型ばねの性能確認

青木あすなろ建設 正会員 ○山崎 彬 波田 雅也 下村 将之 フェロー会員 牛島 栄
遠州スプリング 非会員 栗屋 紘介 山代 育民

1. はじめに

筆者らは注入式接着系あと施工アンカー工法において、アンカー筋として用いる全ねじボルト，異形棒鋼の両方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）を提案している¹⁾²⁾。装着し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を図る（図-1）。

本論は，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する振動試験を実施したので，その結果について報告する。

2. 振動試験

2.1 クリップ型ばね 試験に用いたクリップ型ばねを写真-1に示す。これまでのクリップ型ばね¹⁾²⁾に比べ「締付け部」を3本に増やしており，締付け力の増大と装着性の向上を図っている。

2.2 試験体の諸元 写真-2に母材となるコンクリートブロック（500×150×200）を，写真-3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。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。穿孔径はアンカー筋の呼び径+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。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。

2.3 加振条件 加振状況を写真-4に示す。加振は疲労試験機を用いて上下方向に行った。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³⁾で試験体埋込後に加振した。加振は一度に2体ずつ，穿孔機械が同じ条件で，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時間中に振動を受けることを想定し，2時間（7200秒）とした。

2.4 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を対称としたターゲットの2点を東京測器製の高感度変位計（CDP-10）を用いて計測し，アンカー筋の引抜き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，連結材加速度は連結材

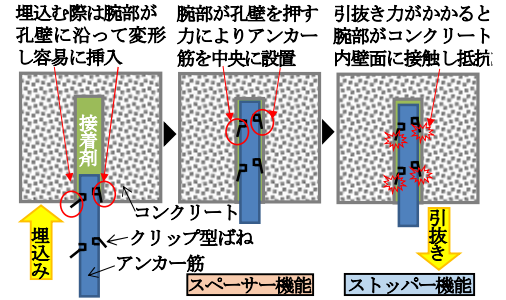


図-1 提案する固定部材を用いた施工手順とスペーサー・ストッパー機能

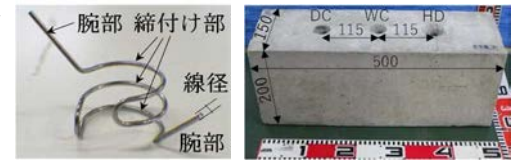
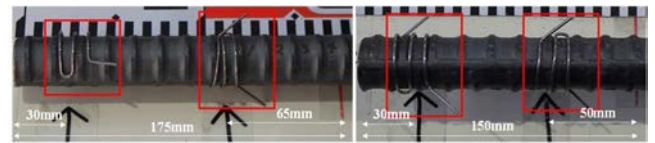


写真-1 クリップ型ばね 写真-2 母材 (500×150×200)



(a) アンカー筋全景 (D25×1000:3, 838g)



(b) WC・DC 試験体

(c) HD 試験体

写真-3 アンカー筋とクリップ型ばねの装着状況

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						φ1.8×2	2
3	WC_1.8-2.1					φ1 1/4(インチ) ×175mm	1	
4	WC_1.8-2.2					φ1.8×2	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					φ1.5×2	5	
7	DC_1.8-2.1					ハンマードリル (HD)	φ1.5×2	4
8	DC_1.8-2.2					φ1 1/4(インチ) ×175(mm)	φ1.8×2	4
9	HD_1.5-2.1					φ1.5×2	3	
10	HD_1.5-2.2					φ1.5×2	6	
11	HD_1.8-2.1					φ35(mm) ×150(mm)	φ1.8×2	3
12	HD_1.8-2.2					φ1.8×2	6	

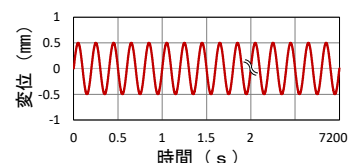


図-2 入力波形³⁾

キーワード あと施工アンカー，接着系アンカー，注入式，クリップ型ばね，振動試験

連絡先 〒300-2622 茨城県つくば市要 36-1 青木あすなろ建設(株) 技術研究所 構造研究部 TEL 029-877-1112

の中央部2点を東京測器製の加速度計 (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。

2.5 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し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。

3. まとめ

本論では、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。

参考文献

- 1) 山崎 彬ほか: 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の性能検証, コンクリート工学年次大会論文集, Vol.43, No.2, pp.913-918, 2021.7.
- 2) 山崎 彬ほか: 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.
- 3) 断面修復用吹付けモルタル性能評価-施工技術総合研究所 施工総研 参照: <https://www.cmi.or.jp/> (閲覧日: 2021年11月11日)



写真-4 加振状況および計測状況

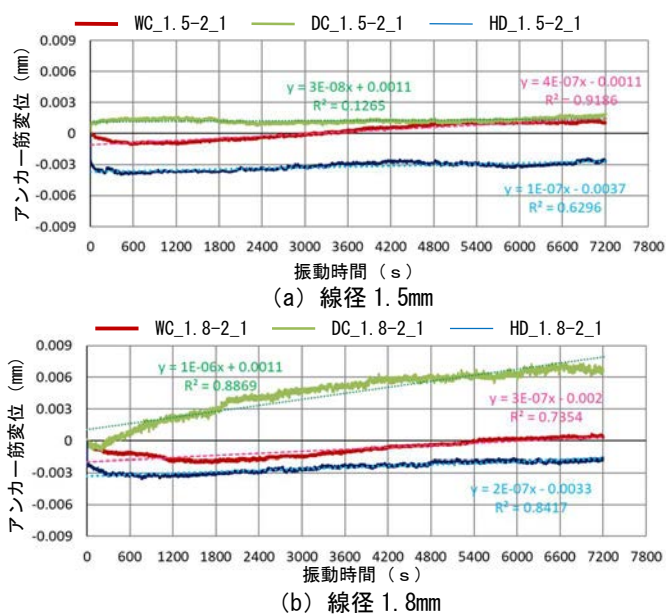


図-3 アンカー筋変位の推移

表-2 試験結果

試験体名	アンカー筋変位 (mm)			総変位量 (mm)	平均		標準偏差		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	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