

9. 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

Development of Post-Installed Adhesive Anchor Method to Improve Construction Accuracy and Construction Efficiency

山崎 彬* 波田雅也* 下村将之*

—概要—

接着系あと施工アンカーは高い固着力を発揮する。しかし、接着剤が硬化し固着力を発揮するまでにアンカー筋のずれを防ぐ養生を固着作業とは別に施す必要があり、施工効率の低下を招いている。そこで筆者らは、注入式の接着系あと施工アンカー工法において、写真1に示すように独自の固定部材をアンカー筋に取付けることで、アンカー筋を穿孔した孔の中央へ容易に位置づけることと下方へのずれや傾きを防止できる工法を開発した。開発した工法により、施工精度の向上と接着剤が硬化する間の固定養生の作業が不要になり施工効率の向上が図れる(図1)。

本報で述べる性能確認試験の結果、開発した工法が、アンカー筋を穿孔した孔の中央に容易に位置づけることができるとともに、アンカー筋のずれ防止に必要な耐力を保有していることが確認でき、施工精度の向上と施工効率の向上を図るのに有効な工法であることが検証できた(写真2、表1)。

—技術的な特長—

開発した工法は、接着剤を充填した孔に事前に独自の固定部材を取付けたアンカー筋(全ねじボルト、異形棒鋼)を軽くハンマーで叩きながら埋込む。固定部材には、一方向に角度を持たせた「腕部」があり、この腕部が、アンカー筋を孔の中央に位置付ける「スペーサー」の役割と、接着剤が硬化する間の下方へのずれを防ぐ「ストッパー」の役割を果たす(図2)。



写真2 アンカー筋挿入後の状況

表1 アンカー筋の自重と引張耐力の関係

試験体番号	呼び径	固定部材の数(個)	①アンカー筋の自重(kN)	②変位1mm到達時の平均荷重(kN)	②/①	③変位1mm到達時の最小荷重値(kN)	③/①
No.1	M8	1	0.29×10^{-3}	0.37	1276	0.3	1034
No.2		2		0.43	1483		
No.3		3		0.47	1621		
No.4	M12	1	1.01×10^{-3}	0.27	267	0.1	99
No.5		2		0.47	465		
No.6		3		1.13	1122		
No.7	D22	2	5.98×10^{-3}	0.33	55	0.1	17

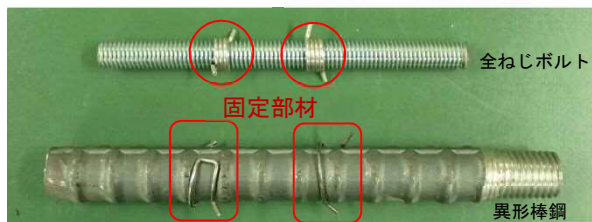


写真1 固定部材と固定部材を取付けたアンカー筋

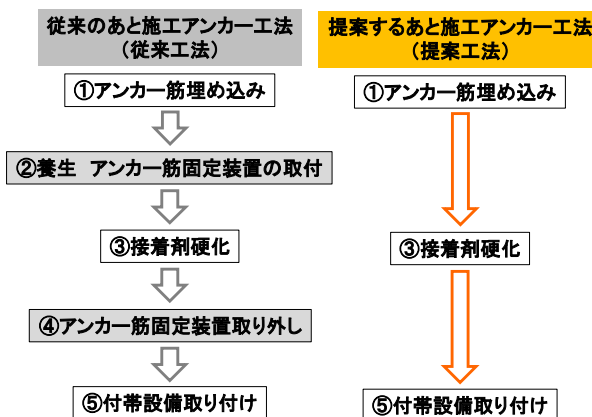


図1 アンカー工事の作業工程の比較

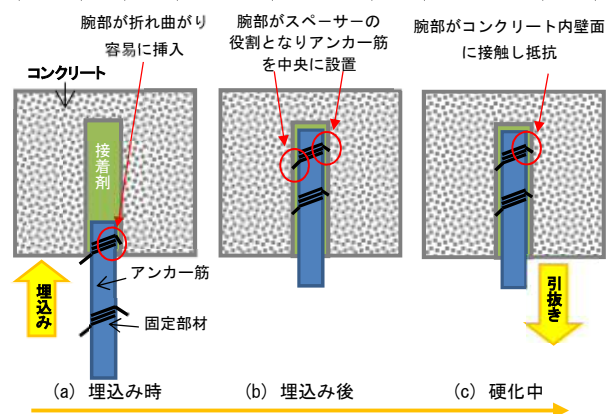


図2 提案工法の施工手順

*技術研究所 構造研究部 土木構造研究室

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 Development of Post-Installed Adhesive Anchor Method to Improve Construction Accuracy and Construction Efficiency

○山崎 彬* 波田 雅也* 下村 将之*
Akira YAMASAKI Masaya HADA Masayuki SHITAMURA

ABSTRACT Adhesive anchors have high adhesion. However, it is necessary to cure to prevent the dislocation of the anchor-bolt until exhibits the adhesion force. As a result, the construction efficiency decreases. Therefore, at the post-installation anchor of the injection type, the authors developed a method that easily locating anchor-bolt at the center of the hole that was drilled to concrete and preventing dislocation and inclination, by attaching an original fixing member to the anchor-bolt. The developed method improves the construction accuracy and eliminates the need for fixed curing until exhibits the adhesion, thus improving construction efficiency.

Keywords: 接着系アンカー、注入式、施工精度、施工効率
Adhesive Anchor, Injection Type, Construction Accuracy, Construction Efficiency

1. はじめに

あと施工アンカー工法は、既存のコンクリート躯体に穿孔し、そこにアンカーボルトを固着させ、固着したアンカーボルトに付帯設備等を取付ける工法で、建築・土木の両分野で幅広く用いられている(写真1)¹⁾。あと施工アンカー工法は、アンカーボルトの取付け方法によって大きく3種類に分類される(図1)²⁾。接着系アンカーには、カプセル式と注入式があり、どちらも高い固着力を發揮する。しかし、注入式は一般的に穿孔した孔に接着剤を注入したのち、アンカー筋を埋込む施工手順となる²⁾。そのため、埋込み易さを考えカプセル式に比べて接着剤の硬化時間が長い。硬化時間が長いと、接着剤が固着力を發揮するまでにアンカー筋が傾く、または下方にずれる恐れが高まる。アンカー筋がずれると、付帯設備の取付け施工精度に影響を及ぼしたり、必要なアンカー筋埋込み長さの不足が懸念されるため、アンカー筋のずれを防ぐ養生作業を施す必要があり、アンカー工事全体の施工効率の低下を招いている。そこで筆者



(a) 手すりの固定 (b) 検査路の固定
写真1 あと施工アンカーの施工事例¹⁾

【出典】 <https://www.anchor-jcaa.or.jp/anchor/construction-example.html>

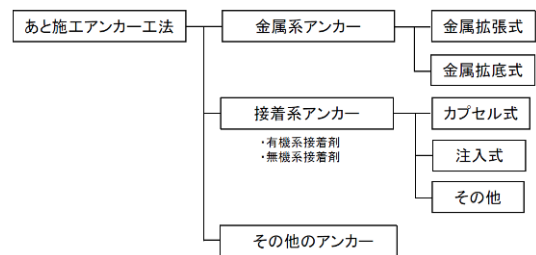


図1 あと施工アンカーの分類²⁾

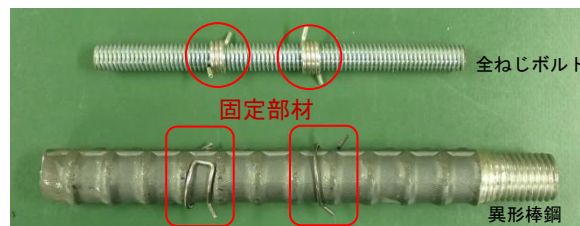


写真2 固定部材を取付けたアンカー筋

*技術研究所 構造研究部 土木構造研究室

らは、注入式接着系アンカーにおいて、写真2に示すアンカー筋に独自の固定部材を取付けることで、施工精度の向上と接着剤が硬化するまでの養生作業を不要とし、施工効率の向上が図れると施工アンカー工法を開発した³⁾。

2. 注入式接着系あと施工アンカーの懸念事項

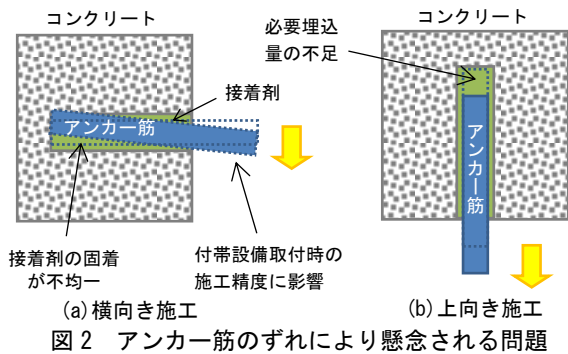
2.1 注入式接着系あと施工アンカー

注入式接着系あと施工アンカーは、母材のコンクリート孔壁部とアンカー筋の空隙部に接着剤を充填させ、母材とアンカー筋を固着させる。用いる接着剤には高分子系の有機系接着剤やセメント系の無機系接着剤があり、いずれも高い固着力を期待できる。しかし、注入式接着系アンカーは、カプセル式に比べ硬化時間が長い。さらに施工時の気温が低いと固着力を発揮するまでにより多くの時間がかかる。その間にアンカー筋が自重により下方にずれる、または傾く場合がある。さらに文献4)で検証されているように施工者の

技術力やアンカー筋の位置固定対策による影響も、施工精度のばらつき、アンカー筋のずれや傾きの要因としてあげられる。アンカー筋のずれや傾きによって、横向き施工では接着剤の固着が不均一となることや、付帯設備等を取付ける際の施工精度への影響が懸念される(図2(a))。上向き施工では、アンカー筋が下方にずれることで、必要埋込み長さが不足するなどの問題が懸念される(図2(b))。

2.2 懸念事項に対する対策と施工効率の低下

現状、アンカー筋のずれや傾きを防止するため、アンカー筋の固着作業に加え、アンカー筋を固定する養生作業を施す。養生の方法として横向き施工では、ずれ防止のためにくさびなどのスペーサーを押し込んだり(写真3(a))⁵⁾、上向き施工ではアンカー筋が下方にずれ落ちないように、線材等や支保工を用いて躯体面に仮保持するなど(写真3(b))⁶⁾があるが、これらはアンカー筋のずれ防止のためにアンカー筋固定装置の設置作業や、接着剤が硬化した後の固定装置の取外し作業が必要となるため、全体の作業工程が増えてしまい施工効率を著しく低下させた。



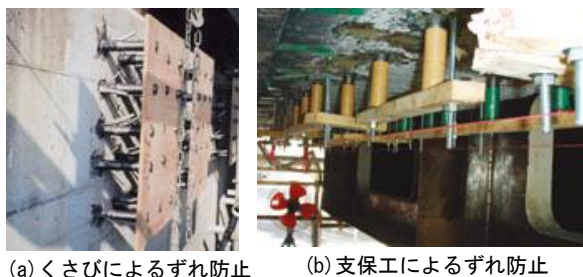
3. 開発した工法の概要

3.1 開発した工法に用いる固定部材

注入式接着系あと施工アンカーに用いる各種アンカー筋に対応するため全ねじボルトと異形棒鋼に取付ける2種類の固定部材を開発した。概要を以下に示す。

(a) 朝顔型ばね(全ねじボルト用の固定部材)

アンカー筋に全ねじボルトを用いた開発工法を写真4に、取付ける朝顔型ばねを写真5に示す。写真4より、朝顔型ばねは、全ねじボルトのねじ山に螺合(ねじ部を用いてはめ合わせること:特許用語)させ取付ける「コイルばね部」と、コイルばね部に対して1方向に角度を持たせた一对の「腕部」から構成される。また、朝顔型ばねの材質は、



【出典】
http://npfastem.co.jp/taisin_an.html

【出典】
<http://www.bond.co.jp/bond/reinforce/bridge>

写真3 ずれ防止の現状の対策

SUS304-WPB のばね用ステンレス鋼材である。

写真5より、コイルばね部には小口径側と大口径側が設けられており、それぞれの内径が大口径側に向かって順に広がる形状となっている。小口径側の内径を、アンカー筋の呼び径より小さくすることで、コイルばね部による締付け力を確保している。また、大口径側に向かって内径を順に広げることで、アンカー筋に朝顔型ばねを取付ける際の容易性を確保している。

図3より、腕部はアンカー筋に螺合させた際に自由角度(始点と終点 2つの腕部が成す角度)が 180° となるように設計している。結果、複数個の朝顔型ばねを各々腕部の向きをずらして取付けることが簡易となる。例えば、朝顔形ばねを2個取付ける場合は、腕部の向きを 90° ずらして取付けることが、3個の場合は、腕部の向きを 60° ずらして取付けることが容易になる。また、それぞれの腕の向きをずらすことで、腕部が全方向に対してスペーサーの役割を果たすため、アンカー筋を孔の中央に確実に位置付けることができる。

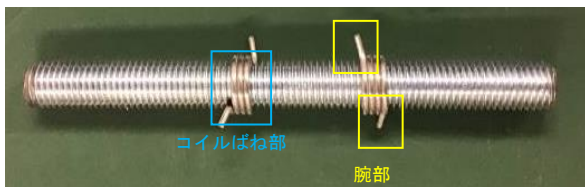


写真4 朝顔形ばねを取付けた全ねじボルト



写真5 朝顔型ばね

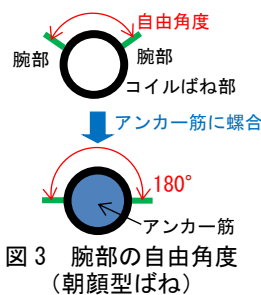


図3 腕部の自由角度(朝顔型ばね)

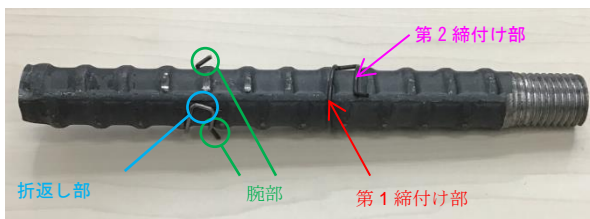


写真6 クリップ型ばねを取付けた異形棒鋼

(b) クリップ型ばね(異形棒鋼用の固定部材)

アンカー筋に異形棒鋼を用いた開発工法を写真6に、取付けるクリップ型ばねを写真7に示す。写真6より、クリップ型ばねはアンカー筋を締付けて取付く「締付け部」と、締付け部の両端から一方向に角度を持たせた一对の「腕部」から構成される。クリップ型ばねは、開口部が設けられており、そこからアンカー筋にはめ込む仕様となっており、朝顔型ばねと比較し、容易にかつ短時間で取付けができる。クリップ型ばねの材質はSWP-Aのピアノ線である。

写真7より、締付け部はより強固にアンカー筋を締付けるために、第一締付け部は異形棒鋼の形状に合わせた形状とし、締付け部分の接触面積を確保している。また、第二締付け部は第一締付け部の曲率より小さい曲率とし、取付け後のアンカー筋への締付け力を高めている。折返し部は、異形棒鋼の節幅より短く設計しており、クリップ型ばねが異形棒鋼の節の間に収まる形状としている。そのことで、節がクリップ型ばねの軸方向へのずれを防ぐ。

3.2 開発工法による施工精度・施工効率の向上

開発した工法(以下、開発工法)の施工手順を図5に、アンカー工事の作業工程の比較を図6に示す。



写真7 クリップ型ばね

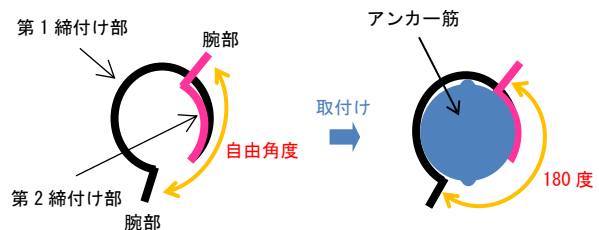


図4 腕部の自由角度(クリップ型ばね)

(a) 施工精度の向上

開発工法の施工手順は、従来のあと施工アンカー工法(以下、従来工法)²⁾と大きくは変わらず、まず、母材を穿孔後、孔内を清掃し、接着剤を注入する。その後、事前に固定部材を取付けたアンカー筋をハンマーで軽くたたきながら埋込む。この際、腕部は埋込み方向とは逆方向に折れ曲がるため埋込みの妨げをしない(図5(a))。

また、折れ曲がった腕部は、コンクリート内壁面を押しながら埋込まれるため、腕部がスペーサーの役割を果たし、アンカー筋を孔の中央に位置付ける(図5(b))。このアンカー筋が孔の中央に位置付く機能によって、接着剤の充填をアンカー筋全周で均一にでき、かつ、横向き施工では、アンカー筋が下方へずれるのと、傾くことを防止する。その結果、付帯設備等の取付け時の施工精度の向上が図れる。

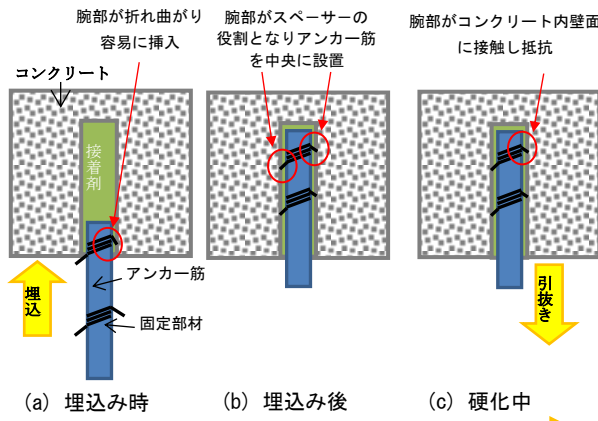


図5 開発工法の施工手順

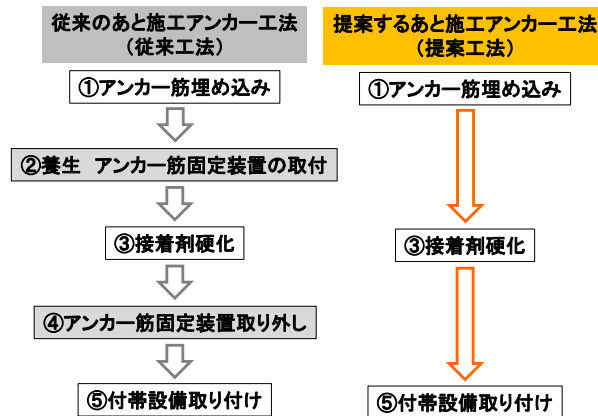


図6 アンカー工事の作業工程の比較

(b) 施工効率の向上

アンカー筋埋込み後、接着剤が硬化するまでにアンカー筋に軸方向(拔出す方向)への引張力がかかった際には、腕部の先端がコンクリート内壁面に接触し抵抗する(図5(c))。この抵抗力によって、上向き施工において、接着剤が硬化する間のアンカー筋の自重等による下方へのずれを防止する。その結果、従来工法では必要であった、アンカー筋埋込み後のアンカー筋固定装置の取付け作業や固定装置の取外し作業が不要となり、アンカー工事全体の作業工程が減り、施工効率の向上が図れる(図6)。

4. 固定部材の基本性能確認試験

開発工法において、アンカー筋に取付ける固定部材の基本的な施工性や耐荷重性能を確認する試験を実施した。

4.1 試験体の諸元

試験体パラメータを表1に、試験体の諸元を表2に示す。試験体は、全ねじボルト用の朝顔型ばねがアンカー筋の呼び径の違いにより2種類(M8、M12)、異形棒鋼用のクリップ型ばねは呼び径

表1 試験体パラメータ

試験体番号	アンカー筋の種類	呼び径	固定部材の個数	試験体数
No.1	全ねじ鉄筋	M8	1	3
No.2			2	
No.3			3	
No.4		M12	1	
No.5			2	
No.6			3	
No.7	異形鉄筋	D22	2	

表2 試験体の諸元

試験体名	アンカー筋			施工				
	呼び径	長さ(mm)	材質	重量(N)	穿孔径(mm)	穿孔長(mm)	穿孔・埋込向き	穿孔機械
No.1	M8	90	S45C	0.29	10.5	70	横	ハンマードリル
No.2								
No.3								
No.4	M12	150	SS400	1.01	16	100	下	
No.5								
No.6								
No.7	D22	200	SD345	5.98	28	100		
No.8								

表3 固定部材の形状詳細

固定部材種類	呼び径	材質	腕長さ(mm)	腕角度(°)	線径(mm)
朝顔型ばね	M8	SUS304-WPB	2	上腕 60	1.2
				下腕 30	
クリップ型ばね	M12	SWP-A	6	60	1.8
	D22				

D22 の 1 種類とした。さらに朝顔型ばねの M8、M12 の試験体は、ばねの個数を 1~3 個に変化させた。クリップ型ばねは、ばねの個数を 2 個のみとした。各試験体 3 体ずつ施工した。表 3 に試験に用いた固定部材の形状の詳細を、図 7 に固定部材のアンカー筋取付け位置、腕部の位置をしめす。No.1 から No.3 の試験体の穿孔向き、アンカー筋の埋込み向きは横向きとし、No.4 から No.7 は下向きとした。

4.2 施工性の確認

アンカー筋埋込み後の状況を写真 8 に示す。固定部材の数が 2 個以上の試験体はすべての試験体で、孔の中央に位置付けることができた。また、

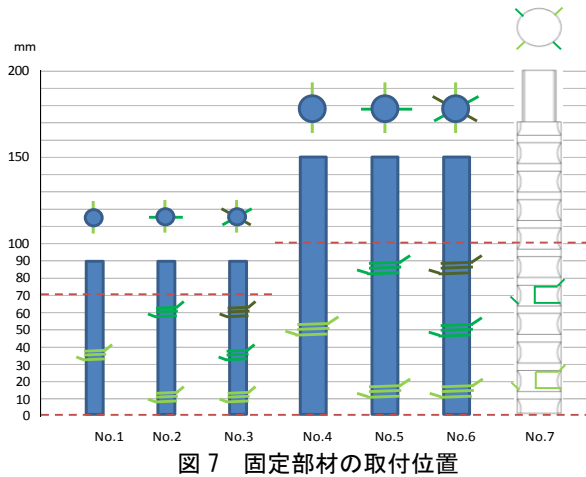


図 7 固定部材の取付位置



写真 8 アンカー筋挿入後の状況

写真 8(a) から、埋め込む際に折れ曲がった腕部がスペーサーの役割を果たしていることが確認できる。なお、埋込み作業は筆者ら自身で行った。

4.3 引張試験の結果

引張試験²⁾の状況を写真 9 に示す。引張試験の結果を全試験体まとめて図 8 に示す。更に、引張試験より得られた荷重値と、各アンカー筋の自重との関係を表 4 に示す。記載する荷重値は、試験体 3 体の平均値である。試験から得られた荷重値は、腕部がコンクリート内壁面に接触し抵抗する抵抗力である。この抵抗力によって、上向き施工時において接着剤が硬化するまでのアンカー筋の自重による下方へのずれを防止する。しかし、この抵抗力は、コンクリート内壁面の凹凸による影響を強く受ける。そのため、変位 1mm 到達時の荷重値⁷⁾にはばらつきがあった。

(a) 朝顔型ばね (全ねじボルト用)

朝顔型ばねの試験体における変位 1mm 到達時の荷重は、朝顔型ばねの取付け個数に応じて荷重



(a) 横向き引張試験状況 (b) 下向き引張試験状況

写真 9 引張試験状況 (接着剤なし)

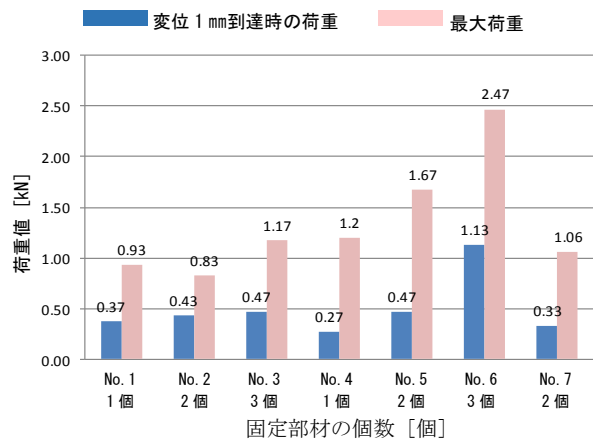


図 9 引張試験の結果 (3 体平均)

表4 アンカー筋の自重との関係

試験体番号	呼び径	固定部材の数(個)	①アンカー筋の自重(kN)	②変位1mm到達時の平均荷重(kN)	②/①	③変位1mm到達時の最小荷重値(kN)	③/①
No.1	M8	1	0.29×10^{-3}	0.37	1276	0.3	1034
No.2		2		0.43	1483		
No.3		3		0.47	1621		
No.4	M12	1	1.01×10^{-3}	0.27	267	0.1	99
No.5		2		0.47	465		
No.6		3		1.13	1122		
No.7	D22	2	5.98×10^{-3}	0.33	55	0.1	17

が高くなった。また、最大荷重値は M12 用の方が高かった。その要因としては、朝顔型ばねの線径が関係しており、線径が太い方がより高い荷重値を得られる。特に、試験体 No.6(M12 用朝顔型ばね 3 個) は、変位 1mm 到達時の荷重、最大荷重ともに高い値であった。しかし、太ければ太いほど、アンカー筋を埋め込む際、腕部が折れ曲がるのに生じる抵抗力も増すため、容易な施工が難しくなる。また、朝顔型ばねはアンカー筋である全ねじボルトのねじ山に螺合させ取付ける構造であるため、ねじ山のピッチ以上の線径の場合、ねじ山から外れる恐れもあり、朝顔型ばねの線径はねじ山のピッチ以下が望ましい。

表 4 より各試験体における変位 1mm 到達時の最小荷重値は、それぞれのアンカー筋の自重に比べ大きく、アンカー筋を保持するのに十分である。したがって、朝顔型ばねを用いた開発工法が、接着剤が硬化する間のアンカー筋の固定養生作業を施さなくても、ずれを防止できることが確認できた。

(b) クリップ型ばね(異形棒鋼用)

図 8 より、クリップ型ばねの荷重値は、線径が 1.6mm であっても朝顔型ばねの試験体 (No.2、No.5) に比べ小さかった。これはアンカー筋を締付ける機構が異なり、朝顔型ばねに対して締付け力が確保できないのが要因といえる。表 4 より、クリップ型ばねの最小荷重値もアンカー筋を保持するのに十分であった。したがって、クリップ型ばねを用いた開発工法も、接着剤硬化中のアンカー筋のずれ防止の役割を果たせるといえる。

5. まとめ

注入式の接着系あと施工アンカー工法において、施工精度の向上と施工効率の向上が図れる新しいあと施工アンカー工法を開発し、その工法に用いる固定部材の基本的な施工性や、耐荷重性能を確認する試験を実施した。得られた知見を以下に示す。

- (1)独自の固定部材をアンカー筋に取付けることで、アンカー筋を孔の中央に容易に位置付けることができ、開発工法によって施工精度の向上が図れることが確認できた。
- (2)引張試験の結果から、朝顔型ばね、クリップ型ばねのどちらの固定部材を用いた場合においても、それぞれのアンカー筋の自重を保持するのに十分な耐力を有し、アンカー筋のずれ防止の役割を果たし、従来工法で必要であった接着剤が硬化するまでアンカー筋を固定する養生作業が不要となり、施工効率の向上が図れることが確認できた。

【参考文献】

- 1) 一般社団法人 日本建築あと施工アンカー協会あと施工アンカー施工例 参照：
<https://www.anchor-jcaa.or.jp/anchor/construction-example.html> (アクセス: 2019年12月19日)
- 2) 土木学会: コンクリートのあと施工アンカー工法の設計・施工指針(案), 2014.3
- 3) 山崎 彬ほか: 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73回年次学術講演会梗概集, V-342, 2019.9
- 4) 今井清史ほか: 接着系あと施工アンカーを用いた部材の構造特性評価に関する研究 その7 実建物における施工品質確認試験(施工実態調査), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.545-546, 2016.8
- 5) 日本ファステム株式会社 耐震補強用アンカー(建築・土木) 参照：
http://npfastem.co.jp/taisin_an.html (アクセス: 2019年12月19日)
- 6) コニシ株式会社 橋梁・橋脚の補修・補強 参照：
<http://www.bond.co.jp/bond/reinforce/bridge> (アクセス: 2019年12月19日)
- 7) 日本建築あと施工アンカー協会: あと施工アンカー設計指針(案)・同解説, 2005.