論文　金属拡張あと施工アンカーの点検管理機構に関する研究

小幡　幸一郎[*1]・谷口　博司[*2]・細川　洋治[*3]

要旨：コンクリート構造物への機器類据付けにはあと施工アンカーが必須の締結体となる。従来のあと施工アンカーは一度施工され，供用期間終了後はそのまま放置されるか，コンクリート表面で切断されコンクリート躯体への悪影響や発錆による美観にも影響を与えている。本研究は，供用期間終了後もしくは期間中にコンクリート母材を損なうこと無くあと施工アンカーを抜き取り，さらに旧孔を再利用して新しいあと施工アンカーを施工するシステムの提案と，引張性能およびせん断剛性について実験的に検証を行なったものである。

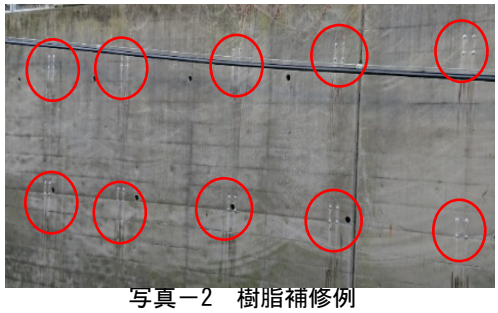
キーワード：あと施工アンカー，点検・診断，抜き取り機能，引張性能，せん断剛性

1. はじめに

あと施工アンカーのメンテナンスサイクルの構築や維持保全には，あと施工アンカーの点検・診断・改修方法の確立が必須となる。文献[1)]では改修に当り，旧孔の再利用ができず，コアで再穿孔して抜き取り後に接着系あと施工アンカーによる施工方法が示され，金属拡張アンカーの課題となっている。**写真－1** は機物が取り外された後もアンカーが放置され，錆などで美観を損ねている例であり，**写真－2** はアンカーを抜き取り樹脂補修した例である。

本研究は上記の課題解決のため，コンクリート母材を損なうこと無く抜き取り機能を可能にし，さらに旧孔を再利用して新しい同一種類のあと施工アンカーを施工するシステムの提案である。提案するあと施工アンカーの性能は，必要に応じてあと施工アンカーの抜き取りが可能であり，更には旧孔を再利用して新たなあと施工アンカー施工を行った場合においても，耐力は接合ボルトの降伏で決まることを条件とした。今回，実験に用いるあと施工アンカーは，金属拡張あと施工アンカーとしてスリーブ打込式内ねじアンカーで表面処理方法を電気亜鉛めっき，溶融亜鉛めっきの 2 種類とした。

写真－1　放置状況例



写真－2　樹脂補修例

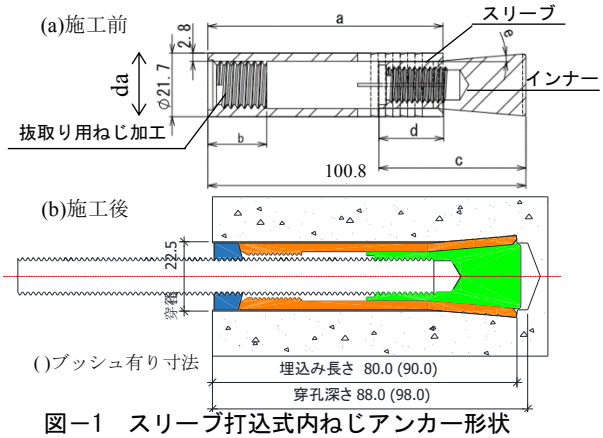
2. 抜き取り機能の説明

2.1 概要

コンクリート母材を損なわずに，あと施工アンカーを抜き取るための手順を以下に示す。ここでは，最初のアンカー施工を「初回施工」，引張試験後に抜き取り旧孔への新しいアンカーの施工を「第 2 次施工」と呼ぶ。埋込み長さは，アンカー頭部をコンクリート表面より下部まで打込みスリーブ外径 da に対して 3.5da 以上確保する。

2.2 試験体

試験体形状を**図－1** に，試験体寸法を**表－1** に示す。



図－1　スリーブ打込式内ねじアンカー形状

*1 ㈱トラスト　部長（正会員）
*2 ㈱トラスト　代表取締役（正会員）
*3 細川建築構造研究室　博士（工学）（正会員）

表－1　試験体寸法

試験体概要				
番号	ｻｲｽﾞ	定着長	表面処理	
1	M12	3.5da 以上	電気亜鉛めっき	
2			溶融亜鉛めっき	
材質及び形状			スリーブ	インナー
材質			STKM11A	SCM435A
外径			φ21.7	φ15.9
長さ			a:80mm	c:50mm
ねじ長さ			b:20.0mm	d:22.0mm
テーパー角			---	e:4.9 度
施工条件				
穿孔径			22.5mm	
穿孔長さ			88.0mm	

2.2 アンカー抜き取り手順

抜き取り手順を，**図－2** (1)～(3)に示す。

(1) インナー固着の解除作業

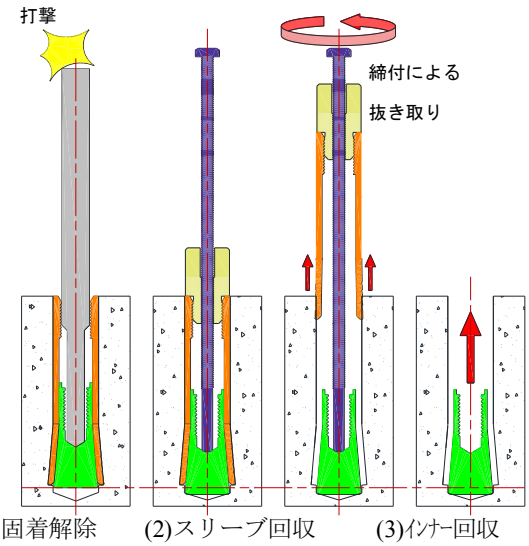
専用の固着解除ホルダーによりハンマーで打撃を加えてインナーを下げ，スリーブとの開放を行いコンクリートとスリーブの固着を解除する。

(2) スリーブの回収作業

スリーブに抜き取りホルダー装着後，抜き取り治具を挿入しインパクトドライバーでスリーブを回収する。

(3) インナー回収作業

寸切りボルトなどを用いてインナーを回収する。



(1)固着解除　(2)スリーブ回収　(3)ｲﾝﾅｰ回収

図－2　抜き取り手順図

抜き取り用構成 4 部品および作業状況を，**写真－3** に示す。

(a)　(b)　(c)　(d)　固着解除　抜き取り

(a)：**スリーブ・インナー固着解除ホルダー**

(b)：**電気亜鉛めっき用抜き取り治具**

(c)：**溶融亜鉛めっき用抜き取り治具**

(d)：**抜き取りホルダー**

写真－3　アンカー抜き取り用部品および作業状況

2.3 アンカー抜き取り確認

電気亜鉛めっき，溶融亜鉛めっき双方ともに，初回施工後，接合ボルトの JIS 規格降伏強度まで引張試験を行った後にアンカーを抜き取り，第 2 次施工を行ったアンカーについて，再度引張試験を行った。結果に関しては，「3. 引張試験」で詳述する。

3. 引張試験

3.1 概要

あと施工アンカーとしての引張耐力を確認するために　**図－1，2，表－1** で示した試験体を用いて，初回施工，第 2 次施工に関する引張試験を行った。試験概要，試験装置，引張試験結果を以下に示す。

3.2 試験概要

図－3 に示すコンクリート供試体（縦 1,200mm×横 1,200mm×厚 300mm）にハンマードリルで穿孔した孔に試験用あと施工アンカーを施工した。

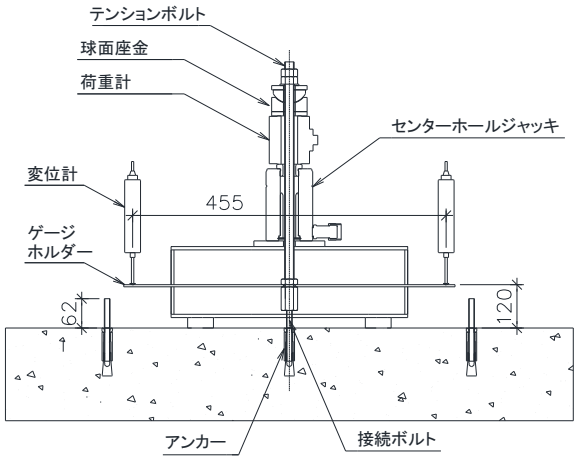
実験は，2 種類の施工状態（初回施工及び第 2 次施工）に対して，目標載荷荷重である JIS 規格降伏点の 1.5 倍まで載荷した。また，一部はボルト破断まで加力した。試験体および計画を**表－2** に示す。

3.3 試験装置

試験装置を**図－3** に示す。あと施工アンカーは金属系めねじ式であるため接合ボルトを専用の長ナットでテンションボルトと連結し，センターホールジャッキで載荷する。この時，センターホールジャッキとテンションボルト固定用ナットの間に球面座金と荷重計を設置すると共に，2 本の変位計を長ナット部から延長したゲージホルダーに設置し，アンカーの傾きを考慮した平均伸び量と引張荷重の関係をデータロガーにより同時計測を行う。

表－2　試験体計画

試験内容			
番号	試験荷重レベル		
1-1	初回施工：JIS 規格降伏点の 1.5 倍まで載荷		
1-2	（接合ボルト破断手前で除荷）		
2-1	第 2 次施工：JIS 規格降伏点の 1.5 倍まで載荷		
2-2	（接合ボルト破断手前で除荷）		
3-1	第 2 次施工		
3-2	（接合ボルト破断まで載荷）		
コンクリート母材の力学的性質（N/mm²）			
		設計基準強度	実強度
圧縮強度	σ_B	21.0	46.7
割裂強度	f_t		3.82
接合ボルトの力学的性質（N/mm²）			
		JIS 規格値	実強度
JIS 規格降伏点	σ_y	245	320.5
引張強さ	σ_u	400 以上	558.7



図－3　試験装置

3.4 引張試験結果

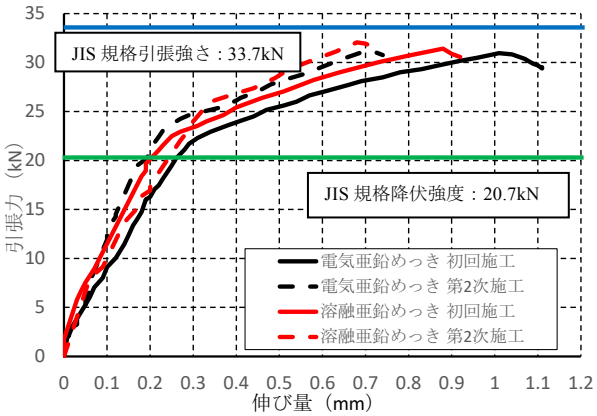
図－4 には**表－1** に示した 2 種類の表面処理について，初回施工と第 2 次施工の試験体に接合ボルトの JIS 規格降伏点の 1.5 倍まで載荷後に除荷を行った引張力―伸び量関係を示した。両表面処理を行った第 2 次施工の試験体は，初回施工の試験体と同等の引張性能を示している。

図－5 には，接合ボルト破断まで加力した試験体の引張力―伸び量関係を示した。図中には M12（SS400）の JIS 規格降伏点（245N/mm²）と有効断面積に対する荷重 20.65kN のラインを付記した。

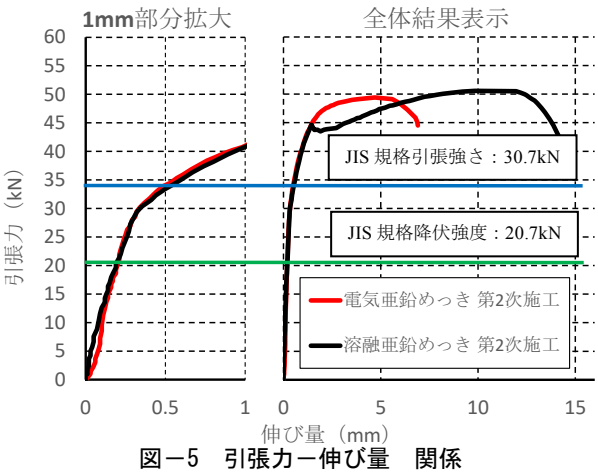
接合ボルトは表面処理に関係なく，30kN 付近で降伏が見られ，表面処理に関わらず 50kN 付近まで最大引張力に達したあとボルト破断となった。

ボルト破断時のボルトの伸び量で電気亜鉛めっき約 7mm に対して溶融亜鉛めっきは約 14mm と大きな差が計測された。これは，電機亜鉛めっきと溶融亜鉛めっきの熱処理の差が原因と考えられるが最大引張力には大きな差は見られなかった。

初回施工時，第 2 次施工時，表面めっき方法に問わずアンカーの破壊モードはコンクリートのコーン状破壊ではなく，接合ボルトの延性破壊で決定し，抜き取り機能を確立するためのアンカーボルト自体の耐力性能は満足するものであった。



図－4　引張力－伸び量　試験結果



図－5　引張力－伸び量　関係

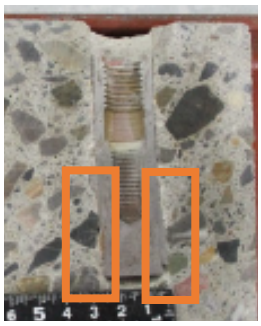
3.5 第２次施工後のアンカー先端部拡張の確認

アンカー抜き取り後，第 2 次施工を行ったアンカーの内部状態を確認した。

最大荷重まで引張載荷後にアンカーを取り出し，同じ孔を再利用して新たにアンカーを打込み 30kN まで再引張試験を行い，その後コア抜き取り，アンカー中心部でカットし，先端部拡張状態の確認を行なった。カット後の結果を**写真－4**，拡大状況を**写真－5，6** に示す。**写真－5，6** はデジタルマイクロスコープによる詳細拡大写真となっている。

この写真からスリーブによって粗骨材も併せてコンクリートが楔状に削孔されていること，アンカー拡張部

付近にはひび割れは確認されなかったこと，併せてコンクリート・スリーブ・インナー部の密着状況が確認された。**写真－7** では，スリーブの拡底状況を確認するため，試験体アンカーの外径 D に対して拡張後のスリーブ外径 Du の値を測定した。測定値の平均は，Du = 1.2D となった。



左：A 部　　右：B 部

写真－4　コア断面

A 部拡大

写真－5

B 部拡大

写真－6

試験体	D	Du	Du/D
1-2	21.7	26.9	1.2
1-3	21.7	26.6	1.2
2-2	21.7	26.8	1.2
2-3	21.7	25.8	1.2
3-2	21.7	25.5	1.2

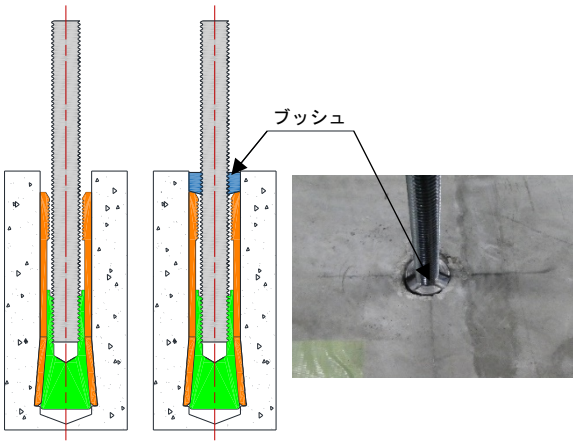
写真－7　拡張状況

スリーブが 1.2 倍に拡張したアンカーでも，定着長 3.5da 以上確保した内ねじスリーブ打込式アンカーのスリーブに改良を加えることで，あと施工アンカーの破壊モードを接合ボルトの JIS 規格降伏点の約 1.5 倍まで加力した後においても，抜き取り機能を確立することができた。

4. せん断試験

4.1 概要

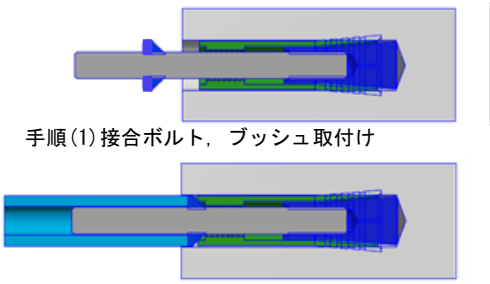
一般に，金属拡張アンカーは，接合ボルトとコンクリート孔壁までの隙間が大きく，アンカー軸直角方向のせん断力がコンクリートに伝達するまでに，アンカーの変形が生じる。そこで，ブッシュを装着して隙間を防ぐことで金属拡張アンカーせん断性能の向上につながると考え，併せてせん断試験を行いせん断剛性の確認を行った（**図－6**　参照）。ブッシュの有無を実験因子としてせん断試験を行いブッシュの有効性を確認した。



図－6　ブッシュ配置図および形状写真

4.2 ブッシュ取付け方法

あと施工アンカーに対するブッシュの取付け手順を以下の**図－7** 示す。



手順(1) 接合ボルト，ブッシュ取付け

手順(2) 専用工具によるブッシュ締付け

図－7　ブッシュ取付け手順図

4.3 ブッシュ性能確認せん断試験

(1) 試験概要

あと施工アンカーに対するブッシュの有効性を確認するためにせん断試験を行った。あと施工アンカーは，前項「2. 抜き取り機能確認」と同径・同寸法のアンカーを用いて説明を行う。（**図－1**，**表－1** 参照）3.2 節に示したものを用いてハンマードリルで穿孔した孔にあと施工アンカーを施工した。実験変数は，ブッシュ装着の有無とした。試験体形状および計画を**表－3** に示す。

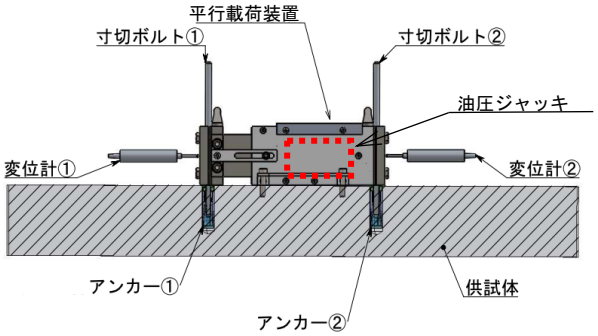
表－3　試験体計画

試験体概要			
番号	ブッシュ有無		
4-1	ブッシュ無		
4-2	ブッシュ有		
接合ボルトの力学的性質（N/mm²）			
		JIS 規格値	試験時実測
JIS 規格降伏点	σ_y	245	320.5
引張強さ	σ_u	400 以上	558.7

(2) 試験装置

試験装置配置状況を**図－8** に示す。

せん断試験の方法は，文献[2) 3)] と同様の方法で実施した。両側のアンカーボルト 2 本を平行移動する載荷装置を介して内部油圧ジャッキによりせん断力を載荷する。



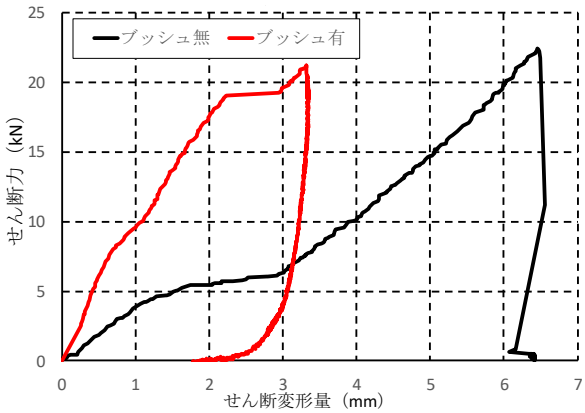
図－8　試験装置配置状況図

(3) せん断試験結果

変数であるブッシュ有無とせん断剛性の関係を確認するために，グラフ上で折れ曲がる付近までせん断力を載荷した結果を**図－9**，載荷後の状況を**写真－8, 9** に示す。**写真－8, 9** から，ブッシュ有のものは，コンクリート孔壁面にブッシュを介してせん断力が分布し，破壊形状がコンクリートの支圧破壊となっている。それに対しブッシュ無のものは接合ボルトが孔壁に接触するまで変形した。この現象は既存のあと施工アンカーに多く見られる現象で，改善が求められている課題である。

本研究では，文献[4)] の中では，接着系アンカーではあるが，せん断変形の許容値を 2mm としていることを参照して，2mm 変形時をしきい値として比較した。

図－9 を見ると，変位量 2mm 時のせん断力がブッシュ有では約 17.5kN に対し，ブッシュ無では約 6kN とブッシュの有無によるせん断剛性の差も顕著に現れている。



図－9　せん断力試験結果

写真－8　ブッシュ有

写真－9　ブッシュ無

5. あと施工アンカーの点検・診断の必要性

5.1 概要

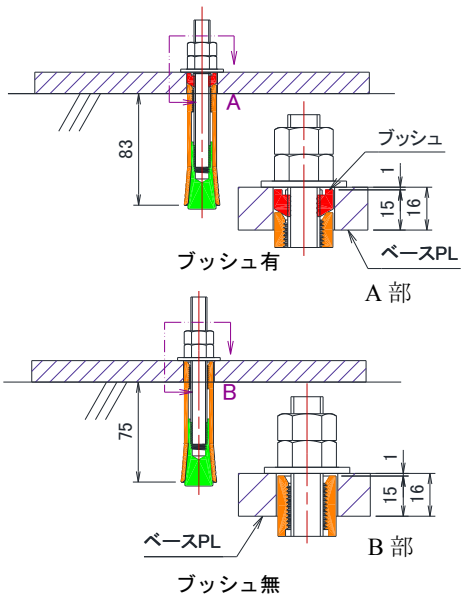
長期供用期間中のあと施工アンカーの安全・安心を確立するためにはあと施工アンカーの維持管理手法を構築し，継続的な点検および診断が必要になる。

点検・診断のフロー等は文献[1)]に準拠する。この中で，事故や災害が生じたときには臨時点検を行うことが明記されており，この中で行われる詳細調査の一つとして抜き取り検査が上げられている。

この抜き取り検査においても，課題となっている旧孔の再利用については，本研究におけるアンカーはコンクリート母材を損なうことなく抜き取りが可能になる。また，抜き取りを前提に機器類を据え付ける場合には取付けられる機器類の形状に配慮しておく方が望ましい。

5.2 取付け部の実用例

あと施工アンカーを用いて取付けられる据付物の中にはベースプレートを用いるものが数多く存在する。そのベースプレートに貫通型のボルト用孔を設ければ，据え付けた状態でもあと施工アンカーの抜き取りが可能になる。**図－10** にブッシュ有無での取り付け例を示す。

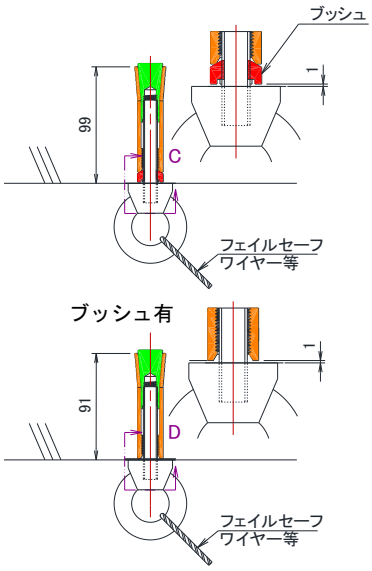


図－10　ベースプレート取り付け

ベースプレート天端，コンクリート天端から 1～2mm のクリアランスを設けることが望ましい。

ブッシュ有りの方がアンカーの有効埋込み長を深く出来る。また，あと施工アンカー締結に関する貫通孔の有効性は，文献[5]の中で，貫通孔を用いた場合のせん断耐力の向上が論じられている。

また，付属物を直接固定する以外への利用として吊り下げ機器に対する安全対策（落下防止フェイルセーフ）のために直接ワイヤー等を取付ける場合の例を**図－11** に示す。



図－11　吊りボルト取付け例

また，フェイルセーフの取付けは，重量物の吊り下げでは必須の措置と考えられるので，確実にコンクリート構造物に定着されていなければならない。これ等においても定期的に抜き取り点検確認が行えることから維持保全に適していると考えられる。

6. まとめ

本研究により，従来から用いられているテーパー部と接合ボルトが一体となっているスリーブ打込式アンカーを，内ねじ式に改良および埋込み長を 3.5da 以上と長くし，太径にすることで，コンクリートに対する支圧力の広がりが大きくなり，以下の(1)～(3)の結果が確認できた。以下の結果により，本研究におけるアンカーであればコンクリート母材を損ねることなく抜き取りが可能になり，アンカー自体の破壊モードもボルト降伏型となり，長期供用期間中のあと施工アンカーの安全・安心を確立するための維持管理手法の構築，併せて，継続的な点検および診断に対して有用な選択肢の一つになり得ると考える。

(1) 抜き取り機能の確認

あと施工アンカーの破壊モードを接合ボルトの JIS 規格降伏点の約 1.5 倍まで加力した後においても，抜き取り機能を確立でき，母材コンクリートの孔内にクラックなどの悪影響を及ぼさないことが確認できた。

(2) 引張耐力の確認

初回施工時，第 2 次施工時とも，表面めっき方法を問わず引張試験結果からアンカーの破壊モードはコンクリートのコーン状破壊ではなく，接合ボルトの延性破壊で決定することが確認できた。また，第 2 次施工における性能が初回施工時と同等の挙動を示したのは，初回施工で先端部が拡底され，抜き取り後も孔底が保たれたことによると考えられる。

(3)あと施工アンカー弱点の解決

第 1 に，変位量 2mm 時のせん断力が，ブッシュ有のものでは約 17.5kN に対し，ブッシュ無では約 6kN と，ブッシュの有無によるせん断剛性の差も確認できた。

第 2 に，あと施工アンカーの弱点である，コンクリート孔内においてアンカー外周部と孔壁の間隙部による，雨水等の水分侵入や二酸化炭素によるコンクリート中性化による金属腐食などが懸念がり，ブッシュの装填でこれらの弱点をカバーできると考えられる。

謝辞：本研究を実施するに当たりまして，株式会社ケー・エフ・シーには試験体製作，試験片提供を頂き，大平康史，小林学，山本健太の各氏には実験に当たりまして多大の助言を頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

1) あと施工アンカーの点検・診断要領（案）－取付物固定用－，（一社）日本建築あと施工アンカー協会，2019
2) 小林克巳，谷口博司，河辺弘三，寺崎慎一：あと施工アンカーの原位置せん断試験装置の開発　その 1 試験装置設計の基本的考え方，日本建築学会大会学術講演梗概集巻，C-2，pp365-366，2017.8
3) 小林克巳，谷口博司，河辺弘三，寺崎慎一：あと施工アンカーの原位置せん断試験装置の開発　その 2 試作機の動作特性，日本建築学会大会学術講演梗概集巻，C-2，pp145-146，2018.8
4) 既存鉄筋コンクリート造建築物「外側耐震改修マニュアル－枠付き鉄骨ブレースによる補強－」，（財）日本建築防災協会，pp71-73，2002.9
5) 轟俊太郎，堀慎一，渡辺健，谷村幸裕：拡底式あと施工アンカーのせん断に関する実験的検討，プレストレスト・コンクリート工学会，第 21 回シンポジウム論文集，pp233-238，2012.10