

建築研究資料

Building Research Data

No. 200

July 2020

接着系あと施工アンカーを用いた 構造部材の構造性能評価方法に関する検討

Study on Evaluation Methods of Structural Performance for Members
with Post-installed Adhesive Anchors

向井智久, 南部禎士, 井上波彦, 諏訪田晴彦, 中村聡宏, 棚野博之, 宮内博之,
松沢晃一, 福山洋, 土屋直子, 田沼毅彦, 濱崎仁, 秋山友昭, 隈澤文俊
Tomohisa MUKAI, Yoshihito NANBU, Namihiko INOUE, Haruhiko SUWADA,
Akihiro NAKAMURA, Hiroyuki TANANO, Hiroyuki MIYAUCHI, Koichi MATSUZAWA,
Hiroshi FUKUYAMA, Naoko TUCHIYA, Takehiko TANUMA, Hitoshi HAMAZAKI,
Tomoaki AKIYAMA, Fumitoshi KUMAZAWA

国立研究開発法人 建築研究所

Published by

Building Research Institute

National Research and Development Agency, Japan

はしがき

人口減少・高齢化・空家が顕著化する昨今、既存建築物の有効なストック活用に向け、あと施工アンカーを用いた部材の接合技術は不可欠なものとなっています。あと施工アンカーは古くから耐震補強のために広く利用されていますが、近年では大規模改修として、耐力壁に開口を新設する際の端部補強筋としての利用や、長期応力下におけるスラブと周辺部材との接合筋としての利用が望まれています。

あと施工アンカーの法的位置づけとしては、平 13 国交告第 1024 号(特殊な許容応力度及び特殊な材料強度を定める件)を一部改正した平 18 国交告第 314 号により、引張りおよびせん断の短期許容応力度と材料強度は、国土交通大臣が指定する値とされています。また、技術的助言として出された「あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針」では、耐震改修促進法によらず、建築基準法への適合が必要とされる補強工事において、柱・梁架構内への耐震補強の鉄筋コンクリート増設壁や鉄骨ブレース設置補強に対する適用を認め、短期許容引張力、短期許容せん断力およびこれらの材料強度についてのみ規定されており、これを上記補強工事以外に適用するための条件は十分に整備されていませんでした。

これに対して、平成 20 年度から 3 年間に亘って行われた、建築基準整備促進事業「あと施工アンカーの長期許容応力度に関する検討調査」において、カプセル方式の接着系あと施工アンカーの引張クリープ実験、せん断クリープ実験およびへりあきの影響を検討するための FEM 解析が行われ、長期許容応力度の提案、長期応力に対する設計方針とその留意点および長期載荷試験法について検討されています。また、近年、接着系あと施工アンカーを用いた部材の材料・構造性能およびその確認方法に関する基礎的な知見が蓄積されつつある状況となっていました。

そこで、国立研究開発法人建築研究所では、接着系あと施工アンカーに用いる接着剤の物性および品質確認試験や、接着系あと施工アンカー単体の試験、さらには接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造実験を実施することにより、接着系あと施工アンカーの適用条件の整備および接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造性能の確認方法の提案を行うことを目的として検討を行いました。本課題は主として、国土交通省の建築基準整備促進事業「あと施工アンカーを用いた部材の構造性能確認方法に関する検討(平成 27 年度～平成 29 年度)」において、当該事業者とともに実施しました。その後、構造研究グループの研究課題「共同住宅の躯体改修においてあと施工アンカーを用いた部材の構造性能に関する研究(平成 30 年度～令和 2 年度)」において、接着力試験方法や付着強度試験方法等について、上記事業での検討結果を関係者間で更に精査した上で本書としてとりまとめました。

最後に、本資料が、接着系あと施工アンカーの安全かつ適切な利用に資する技術資料となれば幸いです。

令和 2 年 7 月 15 日

国立研究開発法人 建築研究所理事長
緑川 光正

接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造性能確認方法に関する検討

概要

現在、既存建築物の増改築工事などにおいて、短期応力を負担する部材へのあと施工アンカーの使用やスラブなどの長期応力下における部材へのあと施工アンカーの適用が望まれている状況において、本研究は接着系あと施工アンカーの安全かつ適切な使用拡大に資する技術的知見を得ることを目的として以下の検討を行った。これらの検討は、主として建築研究所課題「あと施工アンカーを用いた部材の構造性能確認方法に関する研究（平成 27 年度～平成 29 年度）」および国土交通省の建築基準整備促進事業「あと施工アンカーを用いた部材の構造性能確認方法に関する検討（平成 27 年度～平成 29 年度）」として、当該事業者との共同研究として行ったものである。以下に本検討によって得られた知見を示す。

- (1) 接着系あと施工アンカー単体のせん断試験および引張試験等を行い、接着系あと施工アンカーの品質評価のための試験方法（付着強度試験，クリープ試験，引張試験，およびせん断試験）を提案した。
- (2) 接着系あと施工アンカーに使用される接着剤単体の物性および品質確認試験を行い，接着剤樹脂の評価項目および評価基準，圧縮強さおよび圧縮弾性率試験方法，接着力試験方法，燃焼試験方法，および耐アルカリ試験方法を提案した。
- (3) 接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造性能確認試験として，耐力壁およびスラブの構造実験を行い，通常的先付け工法の定着方法によるものと比較して，強度等が同程度であることを確認する実験手法を提示した。なお，耐力壁試験体は，既存建築物の耐力壁に新たに出入り口開口を設ける場合を対象として，開口際の端部曲げ補強筋が周辺部材へ定着する際に接着系あと施工アンカーを用いる場合を想定したものである。一方スラブ試験体は，接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の長期性能を確認する一例として，増築等による増床とする場合を想定したものである。
- (4) 接着系あと施工アンカーの施工品質を確保するための方法として施工品質管理指針案を提案した。またあと施工アンカーの施工精度が引張・せん断強度に与える影響，および非破壊試験による接着系あと施工アンカーの施工品質評価方法を示した。また，電磁パルス法による接着剤の充填状況の試験方法，および超音波パルス反射法によるあと施工アンカーの埋込み長さの試験方法を提案した。
- (5) 上記の(1)～(4)を踏まえ，接着剤の充填方法としては原則として注入方式とし，具体の構造部材に使用した場合を審査対象と定め，品質管理および施工管理まで含めた，接着系あと施工アンカーの強度指定に係る審査基準，注入方式接着系あと施工アンカー審査基準，および注入方式接着系あと施工アンカーを用いた構造部材審査基準の原案を提案した。

Study on Evaluation Method of Structural Performance of Structural Components Using Post-installed
Adhesive Anchors

ABSTRACT

In recent years, population decline, aging of society and vacant houses have become noticeable. The connecting technology of structural components using post-installed anchors is indispensable for effective stock utilization of existing buildings. Up to now post-installed anchors are used for only seismic retrofit work, however, recently it is expected for use in large-scale renovation works such as use of reinforcement at the end of a new opening in a structural wall and use of connecting bar between new slab and another existing structural component under long-term load.

Therefore, Building Research Institute(BRI), National Research and Development Agency, Japan, investigated the applicable conditions of post-installed adhesive anchors and proposed the evaluation method of the structural performance of structural components using post-installed adhesive anchors by implementing physical properties and quality evaluation tests of adhesive used for post-installed anchors and tests of adhesive anchors in a concrete and by experimental tests on structural components using post-installed adhesive anchors.

This project is mainly done in BRI's research agenda "Study on verification of structural performance for structural components using post-installed adhesive anchors" and the project of Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, which is "Study on evaluation method of structural performance of structural components using post-installed adhesive anchors" during 2015 to 2017 with research collaborators.

- (1) Through shear tests and tensile tests of post-installed adhesive anchors, standard tests for quality evaluation (adhesion strength test, creep test, tensile test, and shear test) of post-installed adhesive anchors are proposed
- (2) Through the tests of physical properties and quality identification of adhesive used for post-installed anchor, evaluation items and evaluation criteria for adhesive resin, compression strength test method, compression modulus test method, adhesive strength method, burning test method and alkali proof test method are proposed
- (3) Through experimental tests for structural walls and slabs, test method for structural performance of structural components using post-installed adhesive anchors are proposed to verify the performance of structural components with post-installed adhesive anchors.
- (4) The quality control guideline for construction work using post-installed adhesive anchors is proposed to guarantee the quality. Effect of in-situ work's accuracy of adhesive post-installed anchors on tensile and shear strength, is confirmed. Also, the test method for filling state of adhesive by electromagnetic pulse method, and the testing method of embedded length by ultrasonic pulse reflection method, are proposed.
- (5) Based on above (1) to (4), the draft of examination criteria for strength designation of post-installed adhesive anchor, for adhesive anchors after installation, and for structural components using post-installed adhesive anchors, are proposed. The point of the draft is that it is examined to apply to structural members using adhesive post-installed anchors by injection method, including the viewpoint of the quality control and construction management.

目次

第1章 はじめに	……1-1
1-1 背景と目的	……1-2
1-2 課題とその概要	……1-2
1-3 研究体制	……1-3
第2章 接着系あと施工アンカー単体の性能および品質確認試験	……2-1
2-1 検討概要	……2-2
2-2 長期および短期引張試験・短期せん断試験（平成27年度実施）	……2-3
2-2-1 実験概要	……2-3
2-2-2 引張応力に対する性能評価試験	……2-4
2-2-3 せん断応力に対する性能評価試験	……2-41
2-2-4 試験方法および品質基準の検討	……2-56
2-3 長期引張試験（平成28年度実施）	……2-69
2-3-1 検討概要	……2-69
2-3-2 実験計画	……2-69
2-3-3 実験結果	……2-75
2-4 クリープ試験（平成29年度実施）	……2-86
2-4-1 検討概要	……2-86
2-4-2 実験結果および考察	……2-88
2-5 接着系あと施工アンカーの品質評価試験の提案	……2-94
2-5-1 検討概要	……2-94
2-5-2 付着強度試験	……2-95
2-5-3 クリープ試験	……2-101
2-5-4 引張試験	……2-107
2-5-5 せん断試験	……2-117
2-6 まとめ	……2-128
第3章 接着系あと施工アンカーに使用される接着剤単体の物性および品質確認試験	……3-1
3-1 検討概要	……3-2
3-1-1 検討目的	……3-2
3-1-2 検討内容	……3-2
3-2 付着試験結果と接着剤の品質に関する調査	……3-4
3-2-1 調査方法	……3-4
3-2-2 調査結果	……3-4
3-3 接着剤の物性値評価に関する実験	……3-6
3-3-1 検討概要	……3-6
3-3-2 実験計画	……3-6
3-3-3 実験結果	……3-7
3-3-4 樹脂単体の性能試験および接着強度試験	……3-10

3-4 燃焼試験によるフィラー(不燃物)量の確認試験	……3-15
3-4-1 実験計画	……3-15
3-4-2 実験結果	……3-17
3-5 FT-IR(赤外線分光スペクトル)による樹脂の区分	……3-23
3-5-1 検討概要	……3-23
3-5-2 実験計画	……3-23
3-5-3 測定結果	……3-24
3-6 接着系あと施工アンカーの拘束状態を考慮した接着性の簡易試験方法の検討	……3-28
3-6-1 検討概要	……3-28
3-6-2 試験方法の検討	……3-28
3-7 試験片の製作方法の標準化	……3-29
3-8 市販の製品の物性評価試験	……3-31
3-8-1 試験概要	……3-31
3-8-2 圧縮強度および圧縮弾性率	……3-31
3-8-3 接着力試験	……3-33
3-8-4 燃焼試験	……3-37
3-9 樹脂の評価方法案の提案	……3-38
3-9-1 評価項目および評価基準	……3-38
3-9-2 圧縮強さおよび圧縮弾性率試験	……3-39
3-9-3 接着力試験方法の提案	……3-42
3-9-4 燃焼試験方法の提案	……3-46
3-9-5 耐アルカリ試験方法の提案	……3-49
3-10 まとめ	……3-52
第4章 接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造性能確認試験	……4-1
4-1 使用方法と安全率の設定	……4-2
4-1-1 使用方法の分類	……4-2
4-1-2 安全率の考え方	……4-3
4-2 設計の基本的な考え方・設計フロー	……4-7
4-2-1 設計の基本的な考え方	……4-7
4-2-2 試験体の設計フロー	……4-7
4-3 耐力壁の構造性能確認試験	……4-9
4-3-1 実験の主旨・概要	……4-9
4-3-2 実験計画	……4-9
4-3-3 実験結果	……4-19
4-3-4 まとめ	……4-27
4-4 試験体におけるスラブの構造性能確認試験	……4-29
4-4-1 実験の主旨・概要	……4-29
4-4-2 試験体における実験計画	……4-30
4-4-3 実験結果	……4-56
4-4-4 まとめ	……4-74

4-5 実建物におけるスラブの構造性能確認試験	……4-75
4-5-1 実験の主旨・概要	……4-75
4-5-2 実建物における実験計画	……4-75
4-5-3 実験経過	……4-91
4-5-4 まとめ	……4-100
4-6 まとめ	……4-120
第5章 接着系あと施工アンカーの施工品質に関する試験	……5-1
5-1 検討概要	……5-2
5-2 実建物施工における施工品質の確認試験	……5-3
5-2-1 検討概要	……5-3
5-2-2 施工および試験計画	……5-4
5-2-3 施工および試験結果	……5-15
5-3 傾斜したアンカーの短期引張・せん断試験	……5-36
5-3-1 検討概要	……5-36
5-3-2 引張実験	……5-36
5-3-3 引張実験結果	……5-45
5-3-4 せん断実験	……5-50
5-3-5 せん断実験結果	……5-55
5-4 接着系あと施工アンカーの施工品質に対する非破壊試験方法の検討	……5-62
5-4-1 検討概要	……5-62
5-4-2 実験概要	……5-62
5-4-3 まとめ	……5-80
5-5 非破壊試験による樹脂の充填状況の評価方法に関する検討	……5-82
5-5-1 検討概要	……5-82
5-5-2 施工状況を模擬した試験体による適用性の検証実験	……5-82
5-5-3 実構造物における適用性の検証	……5-110
5-5-4 試験方法の提案	……5-120
5-6 施工品質管理指針の提案	……5-133
5-6-1 指針案と解説	……5-133
5-6-2 施工品質管理計画書の例	……5-163
5-6-3 施工要領書の例	……5-166
5-7 まとめ	……5-168
第6章 接着系あと施工アンカーおよび接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造性能確認方法 の提案	……6-1
6-1 審査基準（案）の提案	……6-2
6-1-1 審査基準（案）の目的および審査申込み条件	……6-2
6-1-2 審査項目	……6-2
6-2 注入方式接着系あと施工アンカー審査基準（案）	……6-9
6-2-1 構成部品	……6-9

6-2-2 製品	……6-9
6-2-3 施工	……6-10
6-3 注入方式接着系あと施工アンカーを用いた構造部材審査基準（案）	……6-14
6-3-1 適用範囲・適用条件等	……6-14
6-3-2 構造部材および部位	……6-14
6-3-3 構造およびその他の性能	……6-14
6-3-4 設計指針	……6-14
6-3-5 施工指針	……6-15
6-3-6 部材製造・品質管理要領	……6-15
6-3-7 各種性能試験	……6-15
6-4 接着系あと施工アンカーおよび接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の申請概要書記載例	……6-16
6-5 接着系あと施工アンカーの母材で定まる許容応力度・材料強度設定のための安全率	……6-19
6-5-1 安全率設定方針	……6-19
6-5-2 安全率設定に際して考慮する項目	……6-19
6-5-3 各低減係数の検討	……6-19
6-6 新設スラブ上端筋の定着に接着系あと施工アンカーを使用する場合の母材の材料強度の設定および所要定着長さの検討	……6-22
6-6-1 はじめに	……6-22
6-6-2 アンカー筋定着部のコンクリートの材料強度 F の設定	……6-22
6-6-3 新設スラブ上端引張鉄筋の定着に用いるアンカー筋の計算(コーン状破壊の検討を行う場合)	……6-22
6-6-4 新設スラブ上端引張鉄筋の定着に用いるアンカー筋の計算(各種合成構造設計指針による計算)	……6-25
6-7 既存耐力壁開口設置に伴う開口際の縦補強筋に接着系あと施工アンカーを使用する場合の母材の材料強度の設定および所要定着長さの検討	……6-29
6-7-1 はじめに	……6-29
6-7-2 アンカー筋定着部のコンクリートの材料強度 F の設定	……6-29
6-7-3 開口補強筋の定着に用いる接着系あと施工アンカーの所要有効埋込み長さの計算	……6-30
6-7-4 開口補強筋の定着に用いる接着系あと施工アンカーの所要有効埋込み長さの計算(各種合成構造設計指針による計算)	……6-31
6-8 接着系あと施工アンカー既指定強度と許容応力度材料強度（案）比較	……6-34
6-8-1 既指定書	……6-34
6-8-2 適用範囲	……6-35
6-8-3 指定した建築材料の内容	……6-35
6-9 まとめ	……6-39
第7章 まとめ	……7-1

付録1 既往データの分析

付録2 海外の規定および文献の紹介

付録3 アンカー試験体一覧

付録4 試験結果に関する資料

付録5 ひび割れの影響によるあと施工アンカーの耐力低下に関する各指針における規定や既往の実験結果

