

アクリル樹脂を用いた接着系あと施工アンカーボルトの性能確認試験

PERFORMANCE TEST OF BONDED ACRYLIC RESIN ANCHOR

吉岡 夏樹¹⁾ 岑山 友紀¹⁾ 中本 啓介¹⁾ 三輪 浩二²⁾
 Natsuki Yoshioka Yuki Mineyama Keisuke Nakamoto Koji Miwa

落橋防止装置などのブラケットをコンクリート構造物に設置する際には、エポキシ樹脂を使用した接着系あと施工アンカーボルトが用いられている。エポキシ樹脂には硬化時間が長いことや湿潤面での接着不良などが懸念されている。そこでこれらの施工性を改善するために、硬化が早く、湿潤面に対して接着可能なアクリル樹脂を用いたあと施工アンカーボルトを開発した。

本論文では、基本性能を確認するために実施した性能確認試験より、孔内の清浄状況および孔内の湿潤状況が樹脂の接着強度に与える影響を確認した結果を示す。さらに施工性を確認するために、アクリル樹脂の充填性および臭気計測を行った結果を示す。

キーワード：接着系あと施工アンカー、アクリル樹脂、引き抜き試験、湿潤、清掃、定着長、臭気計測

1. はじめに

コンクリート構造物に落橋防止装置など（写真-1）のブラケットを設置する場合、エポキシ樹脂を使用した接着系あと施工アンカーボルト^{1),2)}が数多く用いられている。エポキシ樹脂は金属やコンクリートなど多種の材料に強力な接着力を発揮すること、硬化収縮率が小さいことなどの長所を有している。その反面、硬化時間が長く、低温時の硬化不良や湿潤面での接着不良、攪拌ミスによる接着不良などが懸念されている^{1),2)}。そこでこれらの施工性を改善するために、硬化が早く、湿潤面に対して接着可能なアクリル樹脂を用いたあと施工アンカーボルトを開発した。本論文では、基本性能を確認するために実施した性能確認試験³⁾について示す。試験は施工条件パラメータとした引張試験を実施し、各種施工条件が接着強度に与える影響を確認した。また施工性を確認するために、充填性確認試験および臭気計測を行った。



写真-1 樹脂系あと施工アンカー適用例
 (落橋防止装置(らくらくブラケット))

2. アクリル樹脂の特徴

アクリル樹脂とエポキシ樹脂の注入手順を図-1に示す。使用するアクリル樹脂接着剤は2液型であり、注入する際に専用の注入機（写真-2参照）を用いて攪拌しな

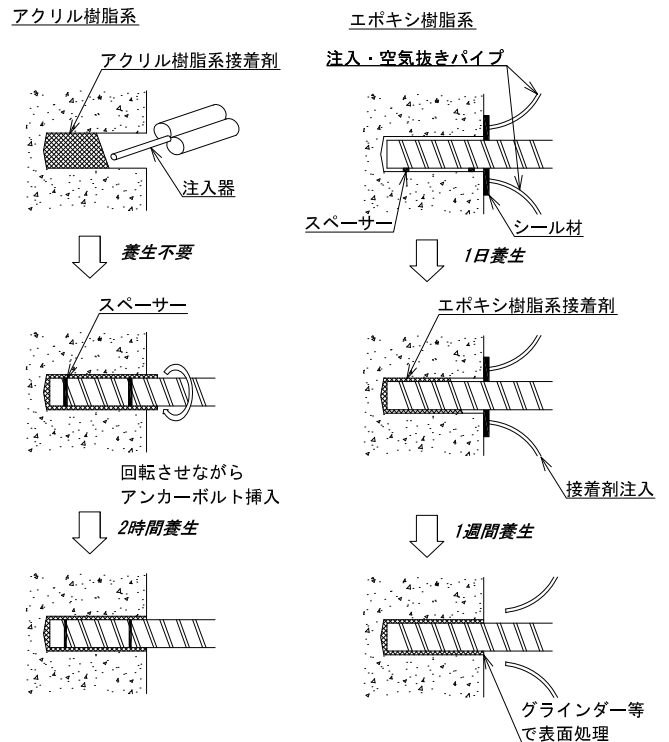


図-1 樹脂注入手順

1) 橋梁営業本部 橋梁技術研究室
 2) 橋梁営業本部 大阪橋梁営業部 大阪営業課



写真-2 アクリル樹脂注入機

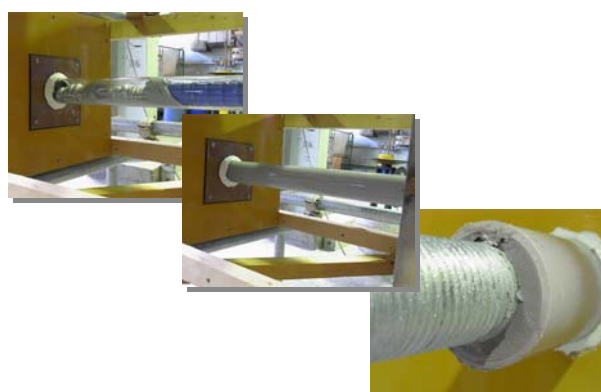


写真-3 充填性確認試験状況

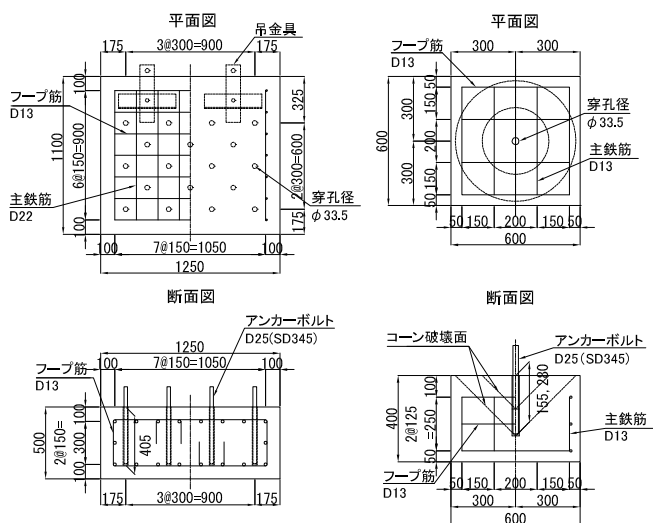


図-2 供試体の寸法および配筋 (単位:mm)

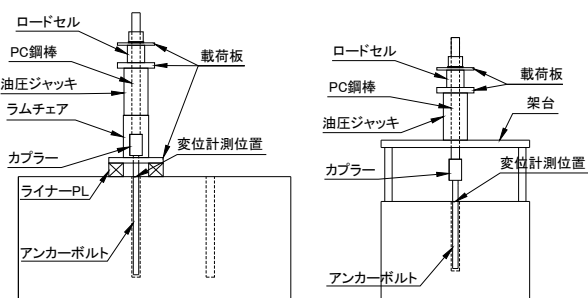


図-3 荷重方法 (左: case1~7, 右: case8・9)

表-1 樹脂の物性値 (硬化物)

硬化物特性	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)	衝撃強度 (kJ/m ²)
アクリル樹脂	124	25	49	2.3
エポキシ樹脂	98	67	91	3.6

表-2 試験ケース

case	試験条件			施工方向	
	a)清掃状況	b)樹脂と穿孔の状態	c)定着長		
1	通常清掃	アクリル/乾燥	15d	水平	
2	未清掃				
3	エアのみ				
4	ブラシのみ				
5	通常清掃	アクリル/湿潤	10d	鉛直 (下向き)	
6		エポキシ/乾燥			
7		エポキシ/湿潤			
8		アクリル/乾燥			5d
9					5d

から穿孔内に注入する。専用の注入機を使用することで、樹脂の計量・攪拌の作業が不要となる。また従来使用していたエポキシ樹脂の硬化時間が約1週間であるのに対して、アクリル樹脂の硬化時間は約2時間であり、大幅な施工期間の短縮が可能である。さらに、アクリル樹脂の粘度を調整し、エポキシ樹脂より粘度を高くすることにより、水平施工でのたれ性・充填性を向上させた。

またアクリル樹脂は、エポキシ樹脂と比較して皮膚刺激性が低い組成としているため、安全性が高く環境に優しいという利点がある。

3. 試験方法

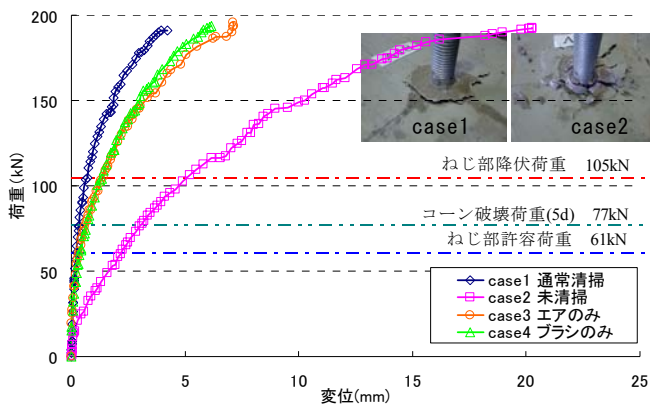
3.1 供試体諸元

コンクリート供試体の寸法および配筋を図-2に示す。アンカーボルトの定着長をアンカー径の15倍(以下、15d)とした供試体αと短定着長用の供試体βの2種類を製作した。供試体αは実構造物の鉄筋比(約1.0%)を再現し、コーン破壊面を考慮しない鉄筋配置とした。供試体βは穿孔先端から45度のコーン破壊面を考慮した鉄筋配置とした。アンカーボルトはD25(SD345)、コンクリート強度は28日圧縮強度(標準養生)が28.2N/mm²であった。またアクリル樹脂とエポキシ樹脂の物性値を表-1に示す。荷重試験時における樹脂の硬化材齢は、アクリル樹脂で1日、エポキシ樹脂で7日とした。

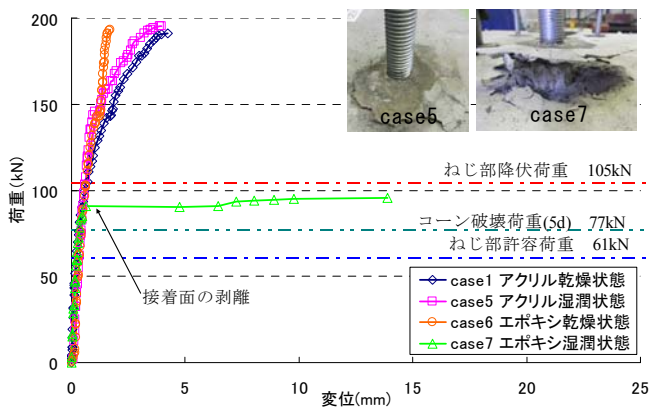
またアクリル樹脂を均一に充填するために、アンカーボルトにスペーサーを装着し、孔中心にアンカーボルトを配置した。充填性確認試験を実施し、写真-3の通り、アクリル樹脂が均一に充填されていることを確認した。

3.2 荷重方法

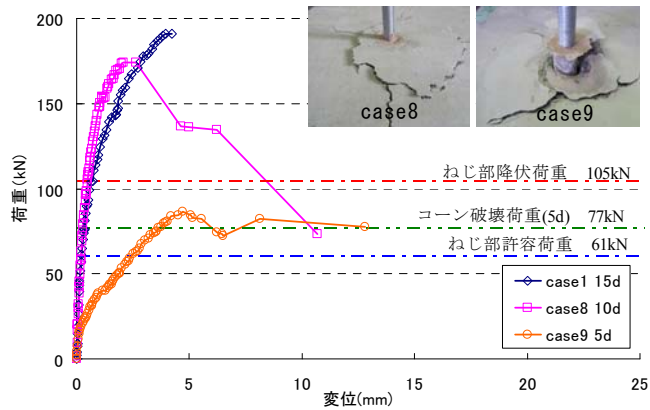
荷重方法を図-3に示す。荷重は供試体に直接設置したセンターホール型油圧ジャッキにより、アンカー端部に引張力を与えた。荷重荷重は、最大200kNとし、破壊モードの確認を行った。計測項目は荷重荷重およびアンカーボルトの変位である。



a) 清掃状況による比較

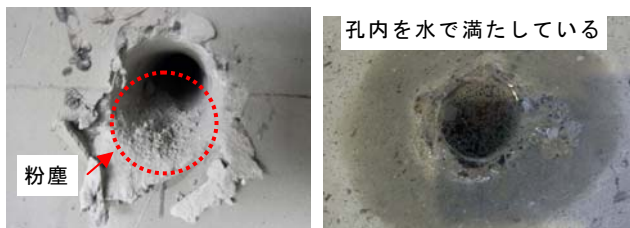


b) 孔内の乾燥もしくは湿潤状態による比較



c) 定着長による比較

図-4 試験結果



(a) 未清掃

(b) 湿潤状態

写真-4 各試験条件

3.3 試験ケース

試験パラメータは a)穿孔内の清掃状況, b)樹脂注入時における穿孔内の状況(乾燥または湿潤), c)定着長とした。穿孔内の清掃状況をパラメータとしたケースでは,ハンマードリルによる穿孔後,未清掃,エア(ブロー)のみによる清掃,ブラシのみによる清掃の3ケースとした。孔内を湿潤としたケースでは,24時間以上穿孔内に水を満たし,水を除去後直ちにアクリル樹脂を注入した。また比較ケースとして,エポキシ樹脂を同様の施工条件で実施した。定着長をパラメータとしたケースでは,5d・10d・15dの3ケースとした。試験ケースおよび樹脂注入時の施工方向を表-2に示す。

4. 試験結果

試験結果および破壊状況を図-4に示す。図内の降伏荷重および許容荷重は,ねじ部断面(M22)における公称値(SD345)⁴⁾より,コーン破壊荷重(5d)はアンカーボルト先端から45度の破壊面を想定し,28日圧縮強度(標準養生)を用いてそれぞれ算出した。

a) 清掃状況による比較 (case1~4)

清掃状況による比較では,図-4(a)に示すとおり,未清掃(写真-4(a))のcase2でねじ部降伏荷重時の変位が通常清掃のcase1と比べ,約8倍と大きくなった。これは孔内に残った粉塵が樹脂の接着強度に影響を与えたと考える。その他2ケースにおいても約2倍となった。

b) 孔内の乾燥もしくは湿潤状態による比較 (case1,5~7)

孔内の乾燥もしくは湿潤状態による比較では,図-4(b)に示すとおり,アクリル樹脂注入時に孔内を湿潤状態(写真-4(b))としたcase5は,乾燥状態と同等の挙動を示した。エポキシ樹脂注入時に湿潤状態としたcase7では,ボルトの抜けが増大し,乾燥状態に比べ,最大強度が約1/2となった。これは孔内表面に付着した水分がエポキシ樹脂の接着強度に影響を与えたと考える。

c) 定着長による比較 (case1,8~9)

定着長による比較では,図-4(c)に示すとおり,定着長10dのcase8は定着長15dのcase1とほぼ同等の挙動を示したが,破壊モードがボルト降伏ではなく,接着面の剥離とコーン破壊の複合破壊となった。定着長5dのcase9はcase1と比べ,ねじ部許容荷重時の変位が約12倍となり,最大強度も降伏荷重に満たなかった。定着長が短いため,樹脂の接着耐力が十分に得られず,アンカーボルト全体が抜けたためと考える。その後,接着面の剥離とコーン破壊の複合破壊を示した。

5. 臭気計測

施工者が感じるアクリル樹脂の臭気を数値的に確認するため、施工時に発生する臭気計測を行った。アクリル樹脂と比較するために、エポキシ樹脂、市販の消臭剤、ガソリンの臭いも計測を行った(写真-5)。

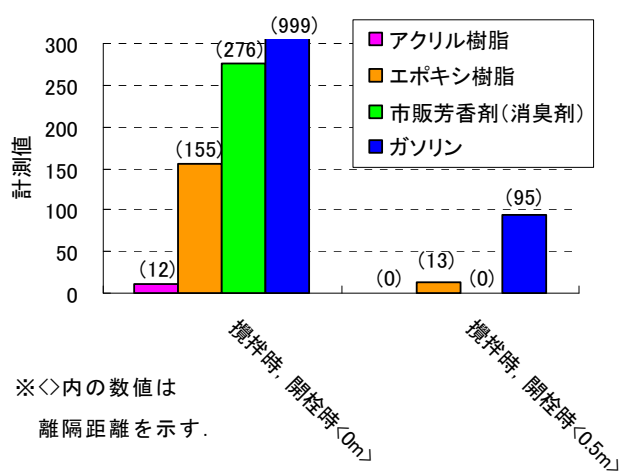
計測機器として、神栄テクノロジー株式会社製のハンディにおいモニター(OMX-SR)を使用した。

計測結果を図-5に示す。縦軸に臭気計測値、横軸に樹脂からの離隔距離を示す。臭気計測値は、清浄空気と比較した時の相対的強さを示す。計測の結果、アクリル樹脂はエポキシ樹脂に比べて、臭いの強さが約1/10以下であり、刺激臭が抑えられていることがわかる。



(a)アクリル樹脂 (b)エポキシ樹脂

写真-5 臭気計測状況



※<>内の数値は
離隔距離を示す。

図-5 臭気計測結果

6. おわりに

アクリル樹脂を用いた接着系あと施工アンカーボルトの性能確認試験により得られた知見を下記に示す。

- ・アクリル樹脂において、孔内の清掃状態が樹脂の接着強度に影響を及ぼすことを確認した。
- ・アクリル樹脂は孔内表面に水分が付着した湿潤状態であっても、乾燥状態と同等の挙動を示すことを確認した。一方、エポキシ樹脂を同条件で実施したケースでは、乾燥状態のケースに比べ、最大強度が約1/2となった。
- ・アクリル樹脂を用いたアンカーにおいて、定着長による破壊モードの違いを確認した。本試験では、定着長が15dでは、アンカーボルトの降伏が破壊モードとなり、10dおよび5dでは、接着面の剥離とコーン破壊の複合型となった。ただし、10dでは最大荷重がアンカーボルトの降伏耐力を上回った。
- ・充填確認試験により、充填不良が生じることなく施工できることを確認した。また臭気計測により、従来の工法に比べて、刺激臭が少なく作業環境性に優れていることがわかった。

今後は、アクリル樹脂を用いたアンカーボルトについて、長期暴露試験やクリープ試験を実施していく予定である。

本稿で示したアンカーボルトの実用化に向けた取り組みについては次号以降で紹介する予定である。

執筆にあたり共同開発会社の電気化学工業株式会社の関係者各位には便宜を図って頂きました。ここに記して謝辞といたします。

参考文献

- 1) 社団法人日本建築あと施工アンカー協会技術部会：あと施工アンカー試験方法，2007.8.
- 2) 社団法人日本橋梁建設協会：既設落橋防止システム設計の手引き(改訂版)，2010.8.
- 3) 吉岡，中本，三輪，藤間：アクリル樹脂を用いた接着系あと施工アンカーボルトの性能確認試験，土木学会第68回年次学術講演会，2013.9.
- 4) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，2012.3.