

接着系アンカーボルトの強度発現原理等に関する既往の知見

【目的】

接着系アンカーボルトの強度に及ぼす影響因子について現在の知見をまとめたもの

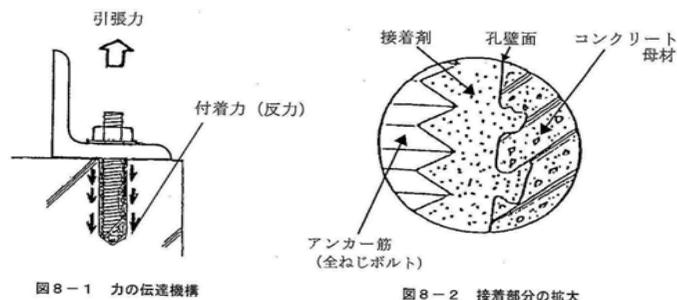
平成25年3月27日(水)

1. 接着系アンカーボルト 付着強度の発現メカニズム

「接着系アンカーは、アンカー筋の凹凸部とコンクリート母材孔壁の凹凸部に接着剤を充填し硬化させることで固着する。

接着系アンカーの固着力の強さはアンカー筋の凸凹部またはコンクリート孔壁の凸凹部と硬化した接着剤のせん断抵抗力に依存するので、これをアンカー筋とコンクリートとの「付着力」として取り扱うことができる。

引張力に対する力の伝達機構を図8-1に示し、アンカー筋とコンクリート孔壁の凸凹部に接着剤が充填された状態を拡大し、図8-2に示す。」

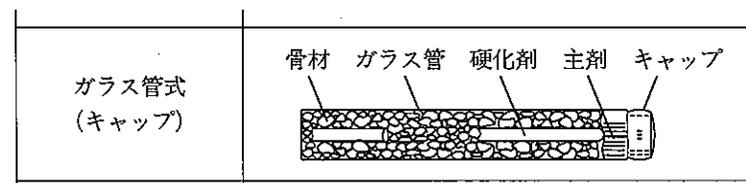


出典：あと施工アンカー技術講習テキスト
(社)日本建築あと施工アンカー協会

カプセル方式の内容物と主な役割

- ① 主剤 接着剤の主成分(ポリエステル系、エポキシ系など)
- ② 硬化剤 接着剤を硬化させる促進剤
(有機過酸化物、アミンなど)
- ③ 骨材 天然骨材(けい石など)
人工骨材(マグネシアクリンカーなど)
施工時に粉々に砕かれ細骨材になるが、その過程において穿孔したコンクリート壁面に樹脂がより食い込むように目荒らしをする作用、樹脂をコンクリート壁面に塗りつける作用等の役割を果たしている。
- ④ キャップ 上向き施工時にカプセルを挿入しても落下しない等の役割を果たしている。
- ⑤ カプセル 樹脂の長期保全安定性を確保するとともに、施工時には粉々に粉碎され骨材の一部になる。

カプセルの形状例

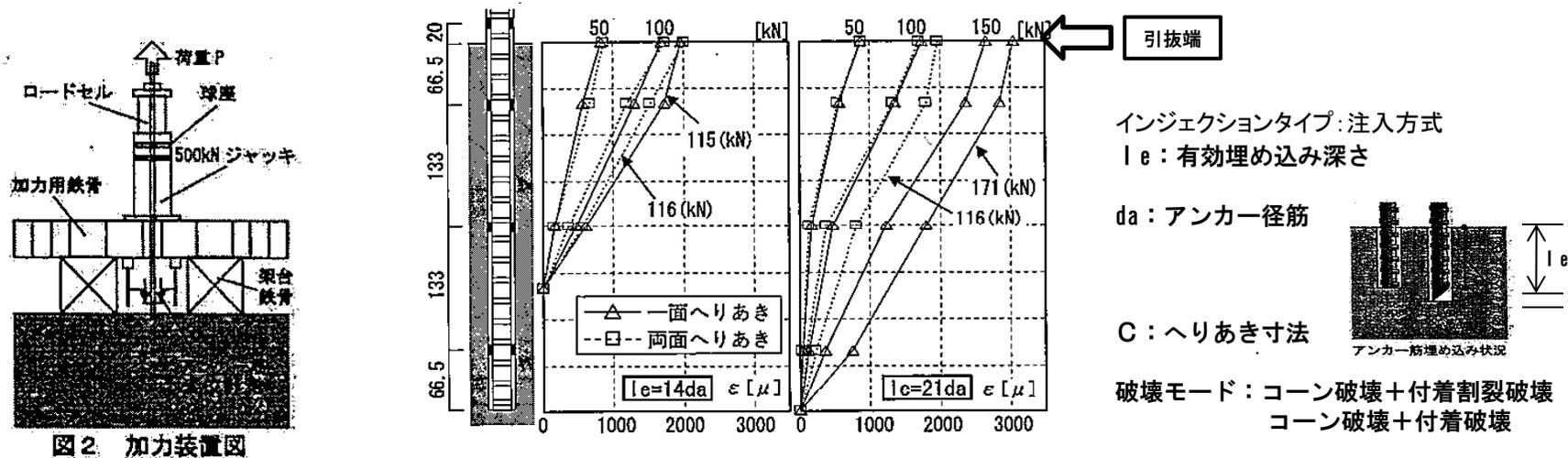


出典：各種合成構造設計指針・同解説
2010年(平成22年)日本建築学会
製品パンフレットなど

凡例：黒字 文献の記載をそのまま引用
青字 文献を要約したもの

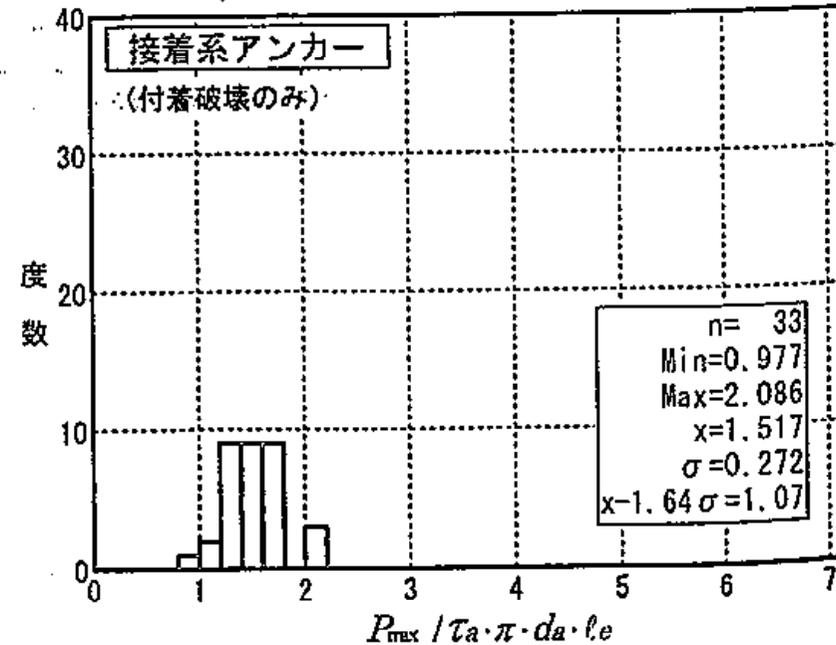
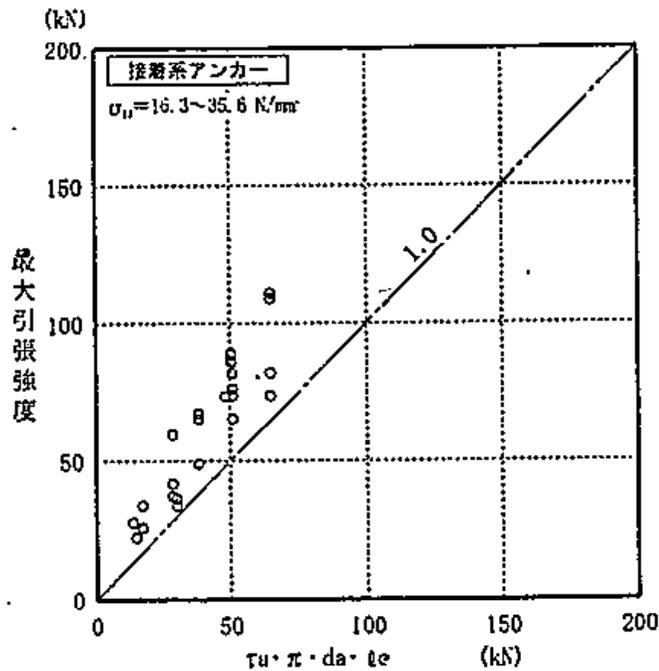
2. 接着系アンカーボルト 荷重変位曲線 埋込み深さ断面における付着応力度

出典：各種合成構造設計指針・同解説 2010年(平成22年) 日本建築学会
 杉山 智昭 他：埋め込み長さとしりあき寸法が接着系あと施工アンカーの支持耐力へ及ぼす影響に関する実験的研究(その2 結果の考察と支持耐力評価)、日本建築学会学術講演梗概集、C2、pp487~488、2006年(平成18年) . 9月



- 「荷重初期の引抜端歪み勾配は、 $l_e=14d_a, 21d_a$ の両者ともほぼ等しく、同様の付着応力が生じている。
- ・荷重が増大するにつれて、コーン状破壊が生じる引き抜き端区間の歪み勾配が緩やかになり、付着力が失われている。
- ・ $l_e=21d_a$ においても、最大耐力時の歪み分布は、引抜端の付着劣化部分を除いて直線的な性状であり、埋め込み長さ全長で平均的に付着抵抗している。」

3.接着系アンカーボルト 平均付着応力度のばらつきと下限



解図 3.1.16(a) (解 3.1.15) 式による
計算値と実験値の比較

解図 3.1.16(b) (実験値/計算値) の比の

$$\text{計算値} = 10\sqrt{(F_c/21)} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

ここに F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm^2)

適用する条件: ・ $18 < F_c < 48$ (N/mm^2) の普通コンクリートの場合

・ アンカー接着部の接着剤がカプセル方式で有機系の場合

- 付着強度の(実験値/計算値)比は、平均1.517である。
頻度分布を正規分布と仮定した場合、平均値と標準偏差0.272から計算すると、95%以上の信頼強度を有していると考えられる。

出典:あと施工アンカー設計指針(案)・同解説 2005年(平成17年)5月
(社)日本建築あと施工アンカー協会
各種合成構造設計指針・同解説 2010年(平成22年)
日本建築学会

4.接着系アンカーボルトの強度に与える影響（対初期強度（1））

【初期強度に与える影響】

①覆工コンクリートの強度

接着系アンカーボルトが引張力やせん断力を受ける場合、母材コンクリートの強度によって、以下の影響を受ける。

$$1) \tau_{bavg} \text{ (基本平均付着強度)} = 10\sqrt{F_c/21} \text{ (普通コンクリート、カプセル式有機系の場合)}$$

F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

$$2) \sigma_t \text{ (コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度)} = 0.31\sqrt{F_c}$$

F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

出典:各種合成構造設計指針・同解説 2010年(平成22年)
日本建築学会

4. 接着系アンカーボルトの強度に与える影響（対初期強度（2））

② ひび割れの影響

出典：各種合成構造設計指針・同解説 2010年（平成22年）
日本建築学会

「図4.12および図4.13は、母材コンクリートのひび割れ幅が接着系あと施工アンカーボルトの引張支持力に及ぼす影響を示した例（有効埋込み長さ $l_e = 8d_a$ の場合の結果）である。図4.13によると、ひび割れ幅が0.3mm程度の場合、引張力は平均的には約50%に低下している。これらの実験結果を参考に、アンカー筋の埋込み長さが10 d_a 未満と短い場合には、ひび割れが生じている母材コンクリートにアンカーボルトを施工する場合には、平均付着強度 T_a を適切に低減して、引張支持力を評価することも必要と考えられる。」

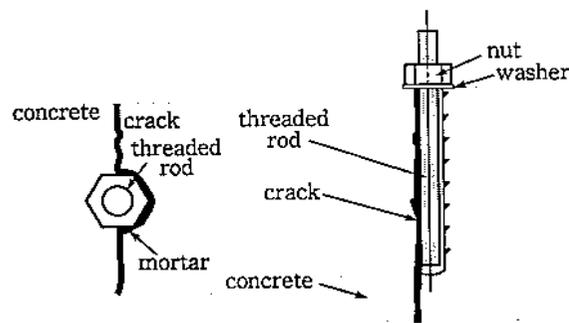


図4.12 ひび割れが接着系アンカーボルトに及ぼす影響¹⁸⁾

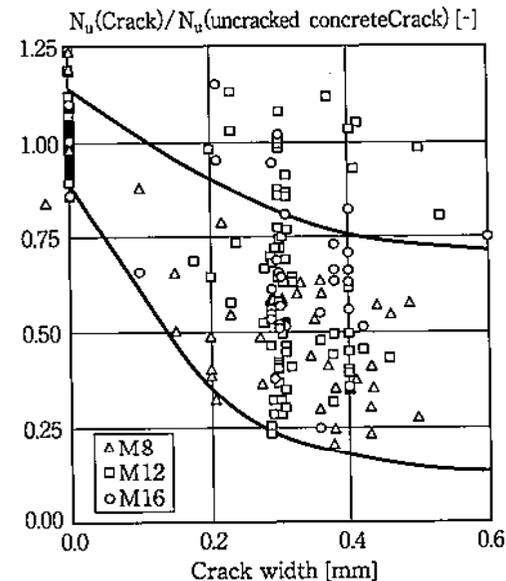


図4.13 ひび割れ幅と引張支持力の関係¹⁸⁾

4.接着系アンカーボルトの強度に与える影響（対初期強度（3））

③削孔長に対する埋め込み深さの不足

出典:あと施工アンカー認証製品一覧
(社)日本建築あと施工アンカー協会 2003年

接着系あと施工アンカー評価認証内容のなかで、「項目8 穿孔深さと許容値」について、「施工方法及びアンカー筋の埋め込み深さを所定の方法により施工要領書により明示する。」こととしている。（製品毎に穿孔深さ及び許容差の基準が定められている。＊）

＊：ケミカルアンカー
レジンカプセルR16の穿孔深さ →

110mm以上
コンクリートの場合の最適深さ130 mm
(当時のカタログより)

現在は、
130mm 許容差 -0~+3.0mm
(上記の出典資料より)

④攪拌不足

出典:あと施工アンカー技術講習テキスト
(社)日本建築あと施工アンカー協会 2007年

「穿孔機器と埋め込み機器は、穿孔深さやアンカー筋の長さにより用いる能力が異なる。従って、能力が少なすぎても（攪拌不足）大きすぎても（過剰攪拌）施工不良となるので注意が必要である。」

4.接着系アンカーボルトの強度に与える影響（対初期強度（4））

⑤施工の向き

出典：各種合成構造設計指針・同解説 2010年(平成22年)日本建築学会)

「基本付着強度は、下向き施工の結果を基にしている。横向き、上向きといった施工方向による要因が基本値に影響を与える可能性があるため、確実な施工を行う必要がある。」

5. 接着系アンカーボルトの強度に与える影響（対経年劣化（1））

【経年劣化に与える影響】

① 持続荷重の影響

クリープに影響を及ぼす一般的な因子:

- ・作用する応力や荷重時間など
- ・材料特性
- ・構造(部材断面の形状・寸法など)
- ・環境(温度、湿度など)

(出典: 各種合成構造設計指針・同解説 2010年(平成22年)日本建築学会)

「接着系アンカーボルトに引張荷重が長時間連続的に作用する場合の耐力は静的に作用する荷重（一時的なものでその後ゼロになる荷重）に対する最大耐力に比べて明らかに低下することが知られている。

図4.39はポリエステル系の接着系アンカーボルトに関する実験結果であり、静的荷重に対する耐力の50%以上の荷重が作用すると最終的に抜け出してしまふことがわかる。」

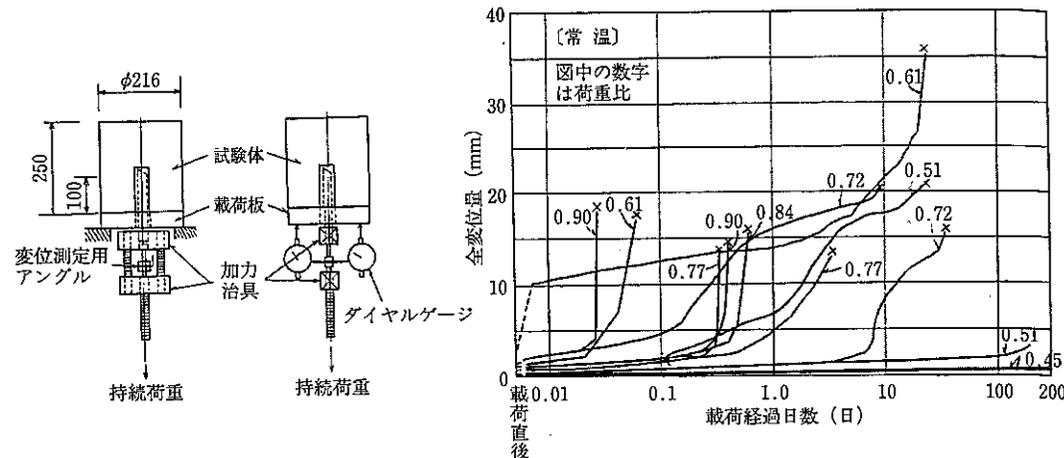


図4.39 長期載荷日数と抜出し量

出典元: 矢野明義他5名

「機器配管用支持構造物(埋込金物)の耐力に関する実験研究(その8 樹脂アンカーの長期持続引張荷重による限界耐力)」

日本建築学会学術講演梗概集 1981年9月

5. 接着系アンカーボルトの強度に与える影響（対経年劣化（2））

② 多数回繰返し作用する荷重の影響

疲労強度に影響を及ぼす一般的な因子：

- ・繰返し作用する応力の範囲(最大応力と最小応力の差)、残留応力、平均応力
- ・繰返し数
- ・構造詳細(応力集中箇所など)
- ・使用環境(高温、低温、腐食など)

(出典： 各種合成構造設計指針・同解説 2010年(平成22年) 日本建築学会
 松崎育弘他：樹脂アンカーの引張疲労耐力に関する実験研究 昭和56年度日本建築学会関東支部研究報告集
 主剤、硬化剤及び骨材がカプセル状のガラス管内にプレミックスされたポリエステル系樹脂アンカーについて、多数回の繰返し荷重が作用した場合の引張疲労耐力に関する実験研究をまとめたもので、

「① 樹脂アンカー1本の200万回引張疲労耐力と埋込み長さの関係は次式で与えられる。

$$P_{200} = 0.022L^2 + 1.21 \text{ (ton)}$$

P_{200} : 200万回引張疲労耐力 (ton)

L : 埋込み長さ(cm)

② 200万回引張疲労耐力は、1本組及び4本組とも静的耐力の約65%である。」

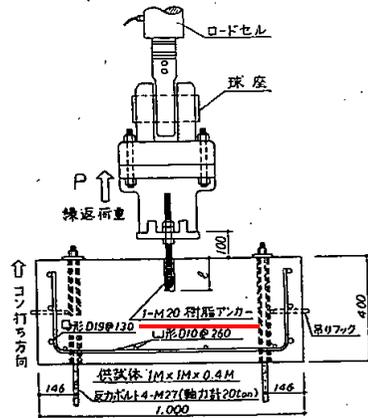


図-1 BFT-1 供試体と載荷方法

表-2 200万回引張疲労耐力

埋込長さ l (cm)	界面面積 (cm^2)	静的耐力 P_s (ton)	静的付着 耐力 a_f (kg/cm ²)	200万回疲労 耐力 P_{200} (ton)	静的耐力に 対する比 sR	付着疲労耐力 a_f200 (kg/cm ²)
8.0	60.3	4.0	66.3	2.44	0.61	40.5
12.0	90.47	5.4	59.7	4.03	0.74	44.6
16.0	120.63	10.4	86.2	6.67	0.65	55.3
平均			70.7		0.66	46.8
ボルト破断	断面積 2.45cm ²	12.5	静的耐力 5.1(t/cm ²)	3.72	0.32	

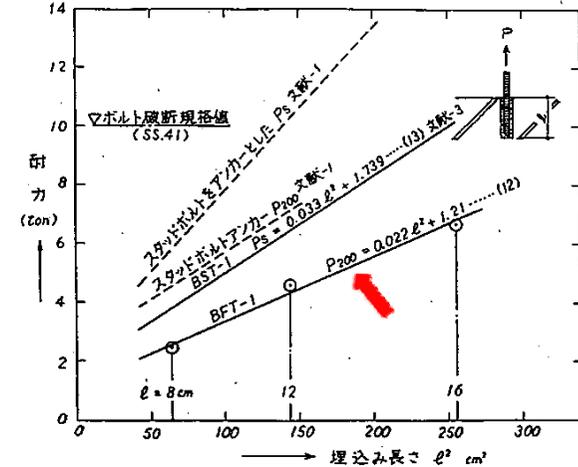


図-6 埋込長さとの関係

6.接着系アンカーボルトの強度に与える影響（まとめ）

対象	項目	主な内容	引用文献
初期強度	覆工コンクリートの強度	引張力やせん断力を受ける場合、母材コンクリートの強度の影響を受ける。	各種合成構造設計指針・同解説 2010年(平成22年) 日本建築学会
初期強度	ひび割れの影響	ひび割れ幅が0.3mm程度の場合、引張力は平均的には約50%低下する。	各種合成構造設計指針・同解説 2010年(平成22年) 日本建築学会
初期強度	削孔長に対する埋め込み深さの不足	製品ごとに穿孔深さおよび許容差の基準が定められている。	あと施工アンカー認証製品一覧 (社)日本建築あと施工アンカー協会 2003年
初期強度	攪拌不足	攪拌不足でも過剰攪拌でも施工不良になるので注意が必要である。	あと施工アンカー技術講習テキスト (社)日本建築あと施工アンカー協会 2007年
初期強度	施工の向き	基本付着強度は、下向き施工の結果を基にしている。横向き、上向きでは、確実な施工を行う必要がある。	各種合成構造設計指針・同解説 2010年(平成22年) 日本建築学会
経年劣化	持続荷重の影響	静的荷重に対する耐力の50%以上の荷重が作用すると最終的に抜け出してしまふことがわかる。	(出典元) 矢野明義他5名 「機器配管用支持構造物(埋込金物)の耐力に関する実験研究(その8 樹脂アンカーの長期持続引張荷重による限界耐力)」 日本建築学会学術講演梗概集 1981.9
経年劣化	多数繰返し作用する荷重の影響	200万回引張疲労耐力は、静的耐力の約65%である。	(出典元) 松崎育弘他2名 「樹脂アンカーの引張疲労耐力に関する実験研究」昭和56年度日本建築学会関東支部研究報告書 1981

◆ わが国では長期的なアンカー強度の変化や接着剤の化学的变化に関する知見は確認できていない

【参考】接着系アンカーの我が国への導入時期

出典：[建築防災\(1991年\(平成3年\) 10月\(財\)日本建築防災協会\)](#)

●カプセル型接着系アンカー

1959年(昭和34年)..... ドイツ ベルク・ウエルクス・フェアバンド社が特許出願。

1963年(昭和38年)..... 同社が日本国内で特許出願。(日本国特許NO. 4153841)

1969年(昭和44年)..... 日本デコラックス(株)が技術導入し製造販売開始。

1970年代前半..... 新幹線防音壁の取付け金物の支持アンカーに採用。

(昭和40年代後半) 原子力発電所の配管ブラケットの支持金物の取付けアンカーとして採用。

1970年代後半..... 旧日本電信電話公社の認定資材として認められる。

(昭和50年代前半)

1981年(昭和56年) 3月... 日本内燃力発電設備協会「自家用発電設備耐震設計ガイドライン」

1982年(昭和57年) 1月... 日本建築センター「建築設備耐震設計・施工指針」等に設計施工に関するデータが記載される。

1982年(昭和57年)頃..... 複数社が、市場参入。

【参考】接着系アンカーボルト 技術資料の整備の歴史

年代	出版物
1977年(昭和52年)	「既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針 付解説」(財 日本建築防災協会)
1981年(昭和56年)	「自家用発電設備耐震設計のガイドライン」(・日本内燃力発電設備協会)
1985年(昭和60年)	「各種合成構造設計指針・同解説」制定(日本建築学会)
1990年(平成2年)	「あと施工アンカー設計と施工」発刊(技術書院)
	「既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針 同解説」改訂版(財 日本建築防災協会)
1991年(平成3年)	「あと施工アンカー設計読本」発刊(建築技術)
2001年(平成13年)	「既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針 同解説」2001年改訂版(財 日本建築防災協会)
2006年(平成18年)	「あと施工アンカー設計指針(案)・同解説」(・日本建築あと施工アンカー協会)
	「あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針」(国土交通省住宅局建築指導課)
2010年(平成22年)	「各種合成構造設計指針・同解説」改定(日本建築学会)

【参考】（社）日本建築あと施工アンカー協会

出典：協会案内パンフレット

1. 設立目的など

「日本コンクリートアンカー工業協会」を前身とし、1993年（平成5年）12月に建設大臣の許可を得て設立された。
安全で良質な「あと施工アンカー」の供給に貢献し、国民生活の向上に寄与することを目指している。

2. 沿革

沿 革	
1984年（昭和59年）	日本コンクリートアンカー工業協会設立
1992年（平成 4年）	日本建築学会に、あと施工アンカーの各種技術基準等の作成に関する研究委託
1993年（平成 5年）	（社）日本建築あと施工アンカー協会発足
1995年（平成 7年）	阪神・淡路大震災災害調査実施
1996年（平成 8年）	第2種施工士試験 実施
1997年（平成 9年）	第2鹿児島県北西部地震被害調査実施
1997年（平成 9年）	第2種施工士、第1種施工士、技術管理士試験 実施。
2001年（平成13年）	第1回更新講習・登録更新開始（第2種施工士、第1種施工士、主任技士）
2003年（平成15年）	製品認証制度スタート
2004年（平成16年）	宮城県北部地震あと施工アンカー被害調査報告
2010年（平成22年）	国土交通省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講座」の最終報告書提出。
2011年（平成23年）	東日本大震災調査実施