

委員会報告

「コンクリート用ファスニング技術研究委員会」

委員長 田中 礼治 (東北工業大学)

コンクリート用ファスニング技術研究委員会

- | | | |
|-------|------------------|--------------------------|
| <委員長> | 田中 礼治 (東北工業大学) | |
| <幹事> | 細川 洋治 (前田建設工業) | |
| | 丸山 久一 (長岡技術科学大学) | |
| <委員> | 飯東 義夫 (日本道路公団) | 内田 裕市 (岐阜大学) |
| | 遠藤 達巳 (電力中央研究所) | 大塚 浩司 (東北学院大学) |
| | 大濱 嘉彦 (日本大学) | 岡 成一 (コンクリートカーテンウォール工業会) |
| | 尾島 一良 (三幸商事) | 笠松 照親 (西松建設) |
| | 木村 博 (日本ドライブイット) | 中埜 良昭 (東京大学) |
| | 七島 建志 (ミヤナガ) | 西川 孝夫 (東京都立大学) |
| | 丹羽 亮 (日本デコラックス) | 野口 博 (千葉大学) |
| | 檜貝 勇 (山梨大学) | 広沢 雅也 (工学院大学) |
| | 古谷 時春 (JR東日本) | 松井 雅明 (ショーボンド建設) |
| | 松崎 育弘 (東京理科大学) | |

1. 委員会の目的と活動状況

物と物を接合あるいは止め付けることをファスニングという。コンクリートのような硬質の素材に物を取付けようとするればファスナー、即ちアンカーが必要となる。アンカーはコンクリート打設前に設置しておく先付アンカーと硬化コンクリートに穿孔し止め付けるあと施工アンカーに大別される。本研究委員会は後者のあと施工アンカーに関して研究することを目的としている。

あと施工アンカーには金属拡張アンカーと接着系アンカーがある。現在建築用、土木用含めて構造用あと施工アンカーとして年間4億本以上が使用されており、さらに増加傾向にある。その主たる理由は取付物を正確な位置に精度よく設置可能なこと、並びに施工の容易性であろう。

あと施工アンカーに関する研究は近年土木、建築両分野で多く蓄積されている。しかし、両分野での研究体制が異なるため、あと施工アンカーの種別、形状などが同一であっても別々に研究されているのが実状であり、用語の統一性もない。あと施工アンカーの将来を考えた場合、土木、建築が合同で物事に当たることは重要であり、効果的でもある。そのような背景から本研究委員会は、あと施工アンカーに精通している土木・建築両分野の方々に委員になっていただき、あと施工アンカーの利用、研究の現状並びに将来的な問題である設計法などについて検討した。

本研究委員会は1994年3月に終了し、本年4月19日に日本都市センターにおいて、委員会の研究成果をもとに、JCI主催で「コンクリート用あと施工アンカーの設計と施工」に関するシンポジウムを開催した。シンポジウムでは委員会報告の他に、招待スピーチ「あと施工アンカーと行政の関わり」(越海興一氏、建設局)、「土木におけるあと施工アンカー」(石橋忠良氏、東日本旅客鉄道)、また特別講演「あと施工アンカーの将来について」(岡田恒男氏、東京大学)をしていただき、委員会への貴重な御意見を頂戴した。心より御礼申し上げます。

2. 委員会報告書の概要

本研究委員会報告書は次の6章からなっている。本報告書の持つ最も大きな意味は、本報告書に示されているあと施工アンカーに関する研究事項が、土木・建築両分野で共通認識として持ち得たということと、今後これらの成果のうえに立って土木・建築が議論し得ることであると考えている。

- | | |
|----------------|--------------------|
| 1章 はじめに | 4章 耐荷機構 |
| 2章 あと施工アンカーの現状 | 5章 耐力算定方法 |
| 3章 用語及び定義 | 6章 設計法（限界状態設計法の試み） |

各章の概要は次の通りである。以下では参考文献を省略している。参考文献の詳細は報告書を参照していただきたい。

2. 1 「2章 あと施工アンカーの現状」

この章ではアンカーの歴史、アンカーの種類・用途・利用の現状、規準・仕様書・試験法の現状、あと施工アンカーの地震被害について述べている。

我が国におけるあと施工アンカー（金属拡張アンカー）の最初の特許は大正2年3月（1913年）に「膨張締釘」として、特許23680号で、アメリカ人により取られており、歴史的には古い。しかし、多量に利用されるようになったのは昭和30年代後半の東京オリンピックの関連工事などからである。

あと施工アンカーの発達はコンクリート用ドリルの発達とも密接に関係している。表1にはアンカーとコンクリート用ドリルの歴史を示しておく。接着系アンカーが我が国で利用されるようになったのは昭和40年代後半と歴史的には新しい。

表1 アンカーとコンクリート用ドリルの歴史

	1800	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990
刃物材料				1926 超合金発表			1955 人造・合成 ダイヤモンド				
ドリル・ビット		1862 手回し式ダイヤモンド コアドリル					1955 回転用 ドリル発売	1963 振動用 ドリル 発売	1965 ハンマー用 ドリル発売		1985 アンダー カット ドリル開発
		1864 スチームエンジン駆動 ダイヤモンドコアドリル									
アンカー			1914 アンカー初特許				1957頃 歯付本体 打込式 アンカー	1963頃 本体 打込式 アンカー	1965 心棒 打込式 アンカー	1967頃 スリーブ 打込式 アンカー	1969 接着系 アンカー
											1972 内部コン式 アンカー
電気ドリル		1895 ドイツ 回転 ドリル 開発	1916 アメリカ 携帯型 ビスタイプ ドリル開発	1932 ドイツ 電動ハンマー開発				1963 国内 振動ドリル 発売	1966 国内 ハンマードリル 発売		1981 ドイツ 軽量ハンマー ドリル開発

あと施工アンカー業界の団体としては、1984年に日本コンクリートアンカー工業協会（NCAA）が設立され、その後1994年に社団法人「日本建築あと施工アンカー協会（JCAA）」に改組された。

1990年度の金属拡張アンカーと接着系アンカー（その他のアンカー類は除く）を合わせた生産本数は4億2千万本で、図1はその割合を示すグラフである。あと施工アンカーは表2のように分類されている。

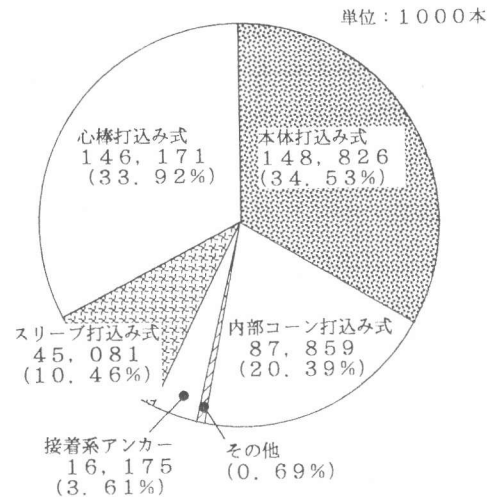
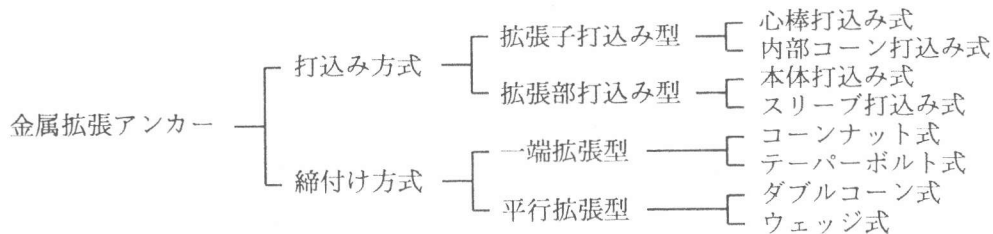
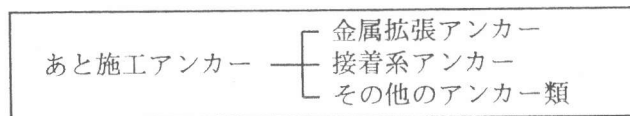


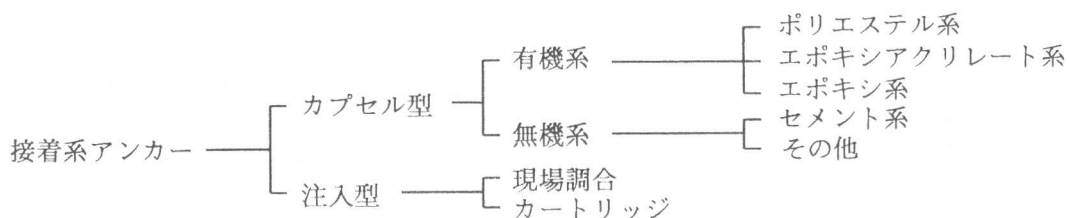
図1 1990年度あと施工アンカー

表2 あと施工アンカーの分類

生産本数



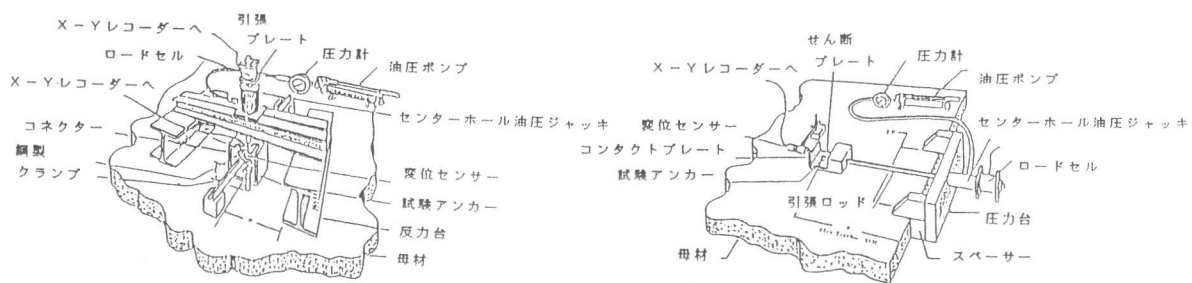
ア ン カー 概 要 図			
心棒打込み式		コーンナット式	
内部コーン打込み式		テーパーボルト式	
本体打込み式		ダブルコーン式	
スリーブ打込み式		ウェッジ式	



あと施工アンカーの工事別の用途には次のようなものがある。

内外装関係	吊り天井、床支持金具、断熱材、吸音材、椅子、手すり、ブラインド、ピクチャーレール、棚類、各種内装仕上げ下地材、石張り、カーテンウォール、バルコニー、ドア枠、水切り、笠木、非常階段、ステップ、ステンレス屋根防水、ひさし、非常灯、各種外装仕上げ下地材
設備関係	空調、各種配管、配線、ダクト吊り、衛生器具、自動販売機、高架水槽、照明器具、防災設備、キューピクル、ボイラー、冷却塔、配電盤、ラック、看板
補修、改修	二重壁、タイル壁、モルタル壁
構造補強 (耐震補強を含む)	スラブ・梁・柱・壁の補強、壁・鉄骨ブレースの増設
仮 設	足場つなぎ、足場ブラケット、型枠、腹おこしブラケット
軀 体	柱脚固定、各種接合筋(差し筋)、増設壁
土木関係	防音壁、中央分離帯防護柵、ガードフェンス、外灯、案内板柱、トンネル・共同溝の各種機器・配管・配線、トンネル内内装、ジェットファン、河川・橋梁のフェンス、嵩上げ、車止め、防眩材、シラ材

あと施工アンカーの標準試験法については、現在我が国ではオーソライズされたものはない。国外の一例としてASTMの引張試験法及びせん断試験法を図2に示す。



(a) 引張試験装置

(b) せん断試験装置

図2 ASTMの試験装置図

本研究委員会活動中の平成5年7月12日に北海道南西沖地震、平成5年8月8日にグアム島地震が発生した。これらの地震でのあと施工アンカーの被害について調査した。調査結果として次のことが報告されている。

手摺、フェンス等軽量物を固定するために用いられたアンカーの地震被害は殆ど無かった。空調機の場合には、アンカー自身の被害よりこれを固定するために用いたコンクリートブロックの割れ等の被害が目立った。また、自動販売機の固定用アンカーの被害は振動の大きかったと思われる場所に比較的多く見ることができたが、アンカーが破断して自動販売機が転倒にまで至ったケースは無い様子であった。さらに比較的重量物を固定するために用いられたアンカーに残留伸びの生じているものが見られた。構造体へのアンカーは、構造体自身の被害の様相あるいは構造体の応答性状の違いによりその被害の程度は異なるが、大きくアンカーの降伏とアンカーの固定部のコーン破壊とに分類された。今回の地震での土木構造物の被害は、地盤変状に伴う構造物との接合アンカーの被害を見るにとどまったが、今後地震被害の実例の収集に努める必要があろう。

2. 2 「3章 用語及び定義」

土木・建築が合同であと施工アンカーに関して研究したのは、本研究委員会が我が国では最初のものであろう。当然のことながら土木・建築共通のあと施工アンカーに関する統一用語はない。しかし、あと施工アンカーの将来的には、土木・建築で異なった用語を使用するのは決して効率的とはいいがたく、用語の統一が必要である。

そこで、本研究委員会では表3に示すようにあと施工アンカーに関する最小限の統一用語と定義を提案している。

表3 用語と定義

用語	欧文	定義
アンカー	Anchor, Fastener	母材と取付物を固着させるために用いるもの
固着	Anchorage	アンカーを母材に固定すること
あと施工アンカー	Post-installed anchor	母材に穿孔し、埋め込むアンカー
先付けアンカー	Cast-in-place anchor	コンクリートを打設する前に埋設するアンカー
拡張系アンカー	Mechanical anchor	拡張部を拡開して固着するアンカー
金属拡張アンカー	Expansion anchor	金属材料でできている拡張系アンカー
アンダーカット	Undercut	孔壁の一部を拡幅すること
アンダーカットアンカー	Undercut anchor	アンダーカットして固着した拡張系アンカー
接着系アンカー	Bonded anchor	母材に穿孔し、接着材で固着するアンカー
アンカー破断	Anchor rupture	アンカーが破断する破壊形式
コーン破壊	Cone failure	母材がコーン状に破壊する破壊形式
アンカー引抜け	Pull-out failure	アンカーが孔から引き抜ける破壊形式
穿孔深さ	Drilling depth	母材表面より孔底までの深さ
埋込み深さ	Embedment depth	母材表面より、アンカーの拡張部先端あるいは接着の有効先端までの深さ

2. 3 「4章 耐荷機構」

アンカーに作用する外力には図3のようなものがある。

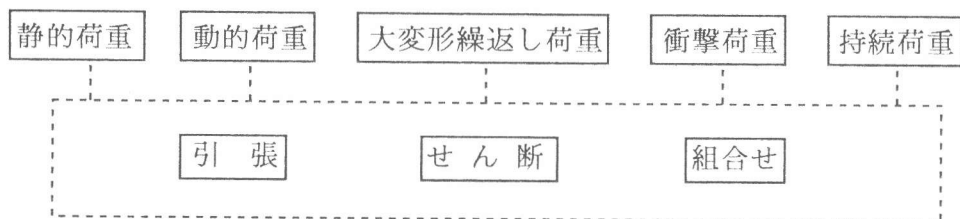


図3 荷重の種類

アンカーが引張力を受けた場合の各種の耐荷機構を図4に示す。

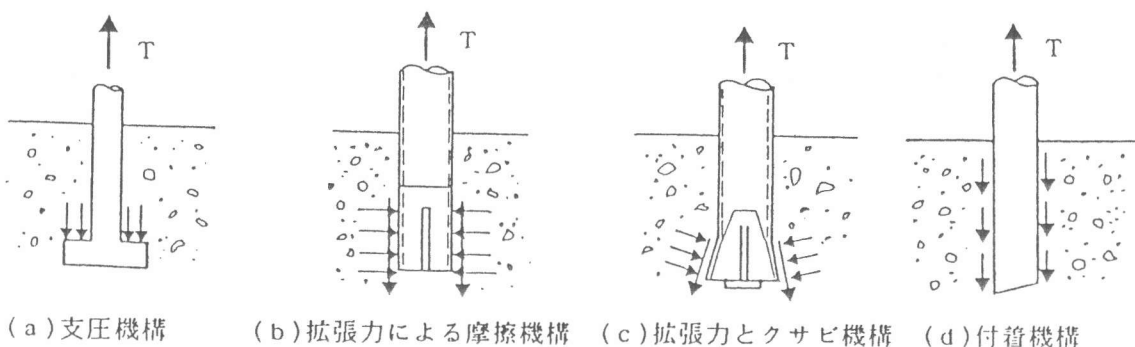


図4 引張力を受けるアンカーの定着機構

荷重の種類に対応して生じ得る破壊形式を概略まとめると表4のようになる。耐荷力という観点からは、表5に示す因子も考慮しておかなければならない。

表4 荷重の種類と生じ得る破壊形式

荷重	破壊形式
引張	アンカーボルトの引張破断、コンクリートのコーン破壊、アンカーの抜け出し、コンクリートの割裂破壊等
せん断	アンカーのせん断破壊、コンクリートのコーン破壊、コンクリートの局部支圧破壊
組合せ	引張とせん断の組合せ状態により、両方の破壊形式が生じる

表5 耐荷力に及ぼすその他の影響因子

影響因子	備考
アンカー設置位置	縁からの距離、隅角部からの距離
群効果	複数本のアンカーで所要の荷重を支える場合
構造体のコンクリート強度	構造物の上層部と下層部での差
ひびわれたコンクリート	アンカー部あるいはその近傍のひびわれ

2. 4 「5章 耐力算定方法」

既往の研究において、あと施工アンカーの引張耐力式、せん断耐力式などは諸氏によって提案されている。図5はあと施工アンカー（金属拡張アンカー）の諸氏の引張耐力式（コンクリート破壊）を比較したものである。

図から分かるように、埋込み深さが浅い場合には諸氏の算定式は比較的近似した値を示しているが、埋込み深さが深くなるとばらつきが大きくなる。このことは土木などのように埋込の深いアンカーを用いる場合には相当に大きい問題となろう。

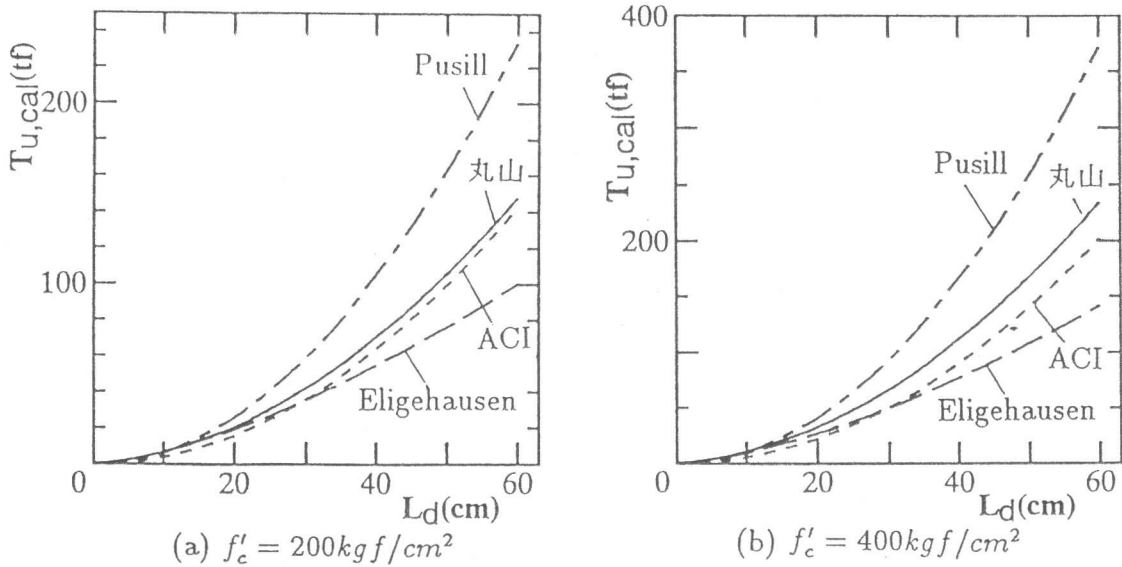


図5 各算定式の比較（埋込み深さの影響）

図6はあと施工アンカーを群で用いた場合の引張耐力の実験結果と諸氏の算定式を比較した一例である。図から実験値が相当にばらついていること、また算定式と実験値の適合が悪いことなどなどが分かる。

また、図7は引張力とせん断力を同時に受ける場合の実験値と諸氏の提案式を比較したものであるが、実験値のばらつき、提案式との適合性などにも課題が残されている。

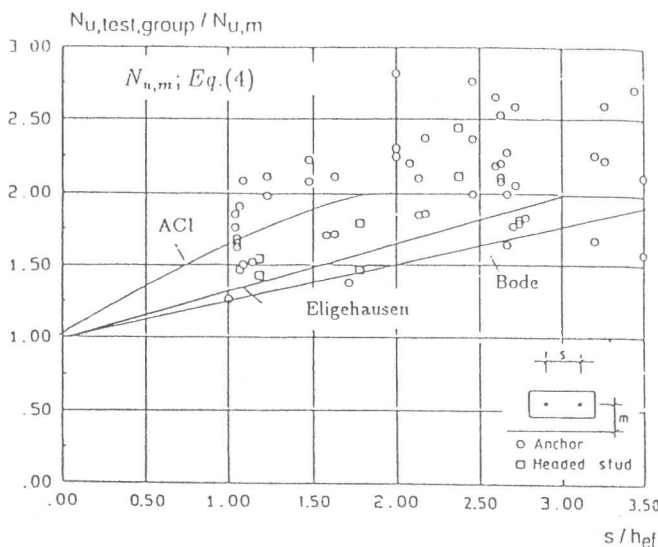


図6 群配置アンカー（2本）の耐力

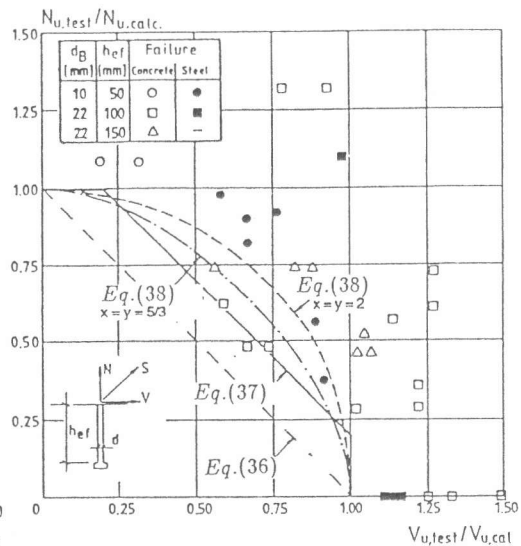


図7 組合せ荷重の影響

2. 5 「6章 設計法（限界状態設計法の試み）」

R C 構造の構造設計は土木・建築ともに限界状態設計法へ移行あるいは移行しつつある。そこで、本研究委員会ではあと施工アンカーも将来的には限界状態設計法が望ましいと考え、その試案を示した。以下には目次のみを示しておく。詳細について報告書を参照していただきたい。

- | | |
|--------------------|-----------------|
| 1. 総則 | 4. 荷重 |
| 1.1 適用範囲 | 4.1 一般 |
| 1.2 用語の定義 | 4.2 種類 |
| 1.3 記号 | |
| 2. 設計の基本 | 5. 終局限界状態に対する検討 |
| 2.1 設計の目的 | 5.1 検討方法 |
| 2.2 設計耐用期間 | 5.2 アンカー耐力の算定方法 |
| 2.3 設計の前提 | 5.3 距離による補正 |
| 2.4 設計の原則 | 5.4 群効果の補正 |
| 2.5 あと施工アンカーの耐力の算定 | 6. 使用限界状態に対する検討 |
| 2.6 安全係数 | |
| 3. 材料の設計用値 | 7. 疲労限界状態に対する検討 |
| 3.1 特性値 | |
| 3.2 コンクリート | |
| 3.3 アンカー材料 | |

3. まとめ

本研究委員会はあと施工アンカーに関し、土木・建築が同一机上で本格的に議論した最初の委員会であろう。議論を通して土木・建築間に思考の違和感が存在しないことを確認し合ったことは、今後あと施工アンカーに関する種々の議論をする上での道しるべを示し得たように思う。

我が国であと施工アンカーが多量に利用されるようになってからの歴史は差ほど長くない。それ故、あと施工アンカーに残されている問題は研究分野を含め多種ある。当面の課題として、製品規格、施工の技量資格など管理体制の課題並びに設計法、標準試験法など力学的関連の課題などがあげられよう。本研究委員会の委員をはじめ関係各位の一層の努力を熱望する次第である。

[謝辞]

本研究委員会は1992年4月～1994年3月の2年間にわたって活動したが、活動に際しては、日本コンクリート工学協会の皆様をはじめとし、各方面の御協力をいただいた。また、日本建築学会「あと施工アンカー調査研究委員会（委員長 加藤勉 東洋大学）」からは貴重な御意見を頂戴した。関係各位に厚く御礼申し上げます。

活動期間中に日本建築あと施工アンカー協会が設立されたことは特筆に価する。我が国のあと施工アンカーの曙としての協会の役割は大きいことと思う。また、協会には本研究委員会のシンポジウムに際して、後援など多大な御支援をいただいた。紙面を借り厚く御礼申し上げます。