

平成21年度建築基準整備促進補助金事業  
あと施工アンカーの長期許容応力度に関する検討調査

平成22年4月15日

社団法人日本建築あと施工アンカー協会

# 1.事業の体制と進め方

## 事業体制

国土交通省による建築基準整備促進補助金事業は、(社)日本建築あと施工アンカー協会が受託して、(独)建築研究所との共同研究によるものである。

## 進め方

事業主, 共同研究者, 有識者, 学識経験者で構成された委員会を設置して、審議内容に基づき各WGにより調査を実施した。

## 研究期間

平成21年9月1日 ~ 平成22年3月31日

# 1.事業の体制と進め方

[事業主] 社団法人日本建築あと施工アンカー(JCAA)

事業責任者	川上 正夫	JCAA会長
管理技術者	細川 洋治	サンコーテクノ(株)所属(現 東京大学地震研究所)
技術担当者	地濃 茂雄	新潟工科大学 工学部 建築学科
	中野 克彦	新潟工科大学 工学部 建築学科
	柏崎 隆志	千葉大学・大学院工学研究科
	寺村 悟	電気化学工業(株)所属
	高橋 宗臣	日本ヒルティ(株)所属
	水上 剛	日本デコラックス(株)所属
	西田 聖二	旭化成ケミカルズ(株)所属
	水野 雅	ユニカ(株)所属
	相葉 雅史	サンコーテクノ(株)所属
	大森 正秀	JCAA参事
共同研究者	福山 洋	(独)建築研究所
経理担当者	浦田 光行	JCAA事務局
	三浦 秀一	JCAA事務局

# 1.事業の体制と進め方

## あと施工アンカー長期許容応力度検討委員会

委員長	細川 洋治	JCAA、サンコーテクノ(株)所属 (現 東京大学地震研究所)
委員	地濃 茂雄	新潟工科大学 工学部 建築学科
	中野 克彦	新潟工科大学 工学部 建築学科
	柏崎 隆志	千葉大学 大学院 工学研究科
	福山 洋	(独)建築研究所
	濱崎 仁	(独)建築研究所
	向井 智久	(独)建築研究所
	宮澤 茂	(社)日本建築構造技術者協会(JSCA)、前田建設工業(株)
	池田 憲一	(社)日本建築構造技術者協会(JSCA)、清水建設(株)
	渡邊 茂雄	(社)建築業協会(BCS)、鹿島建設(株)
	澤井 布兆	(独)都市再生機構
中對 浩之	(独)都市再生機構	
大森 正秀	JCAA 参事	
事務局	三浦 秀一	JCAA 事務局

## 2.現状および背景

### あと施工アンカーの現状・制限

非構造部の接合  
建築基準法の中で使用可能

耐震補強工事  
告示※で示された短期許容応力度の範囲内で使用可能  
※ 平成13年国土交通省告示第1024号

主要構造部の接合  
長期許容応力度に関する設計法が確立していない。  
そのため法的な定めがないので使用出来ない。

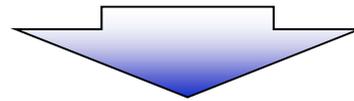


建物の増築・改築時に接合材料として使用したいとの要望が各方面から出されている。

## 3.目的

### 過去の実績

- ◆現在まで長年に渡り、大学・民間企業を中心に莫大な研究が進められてきた。
- ◆耐震補強を中心として主要構造部への適用として十分な蓄積がある。



### 目的

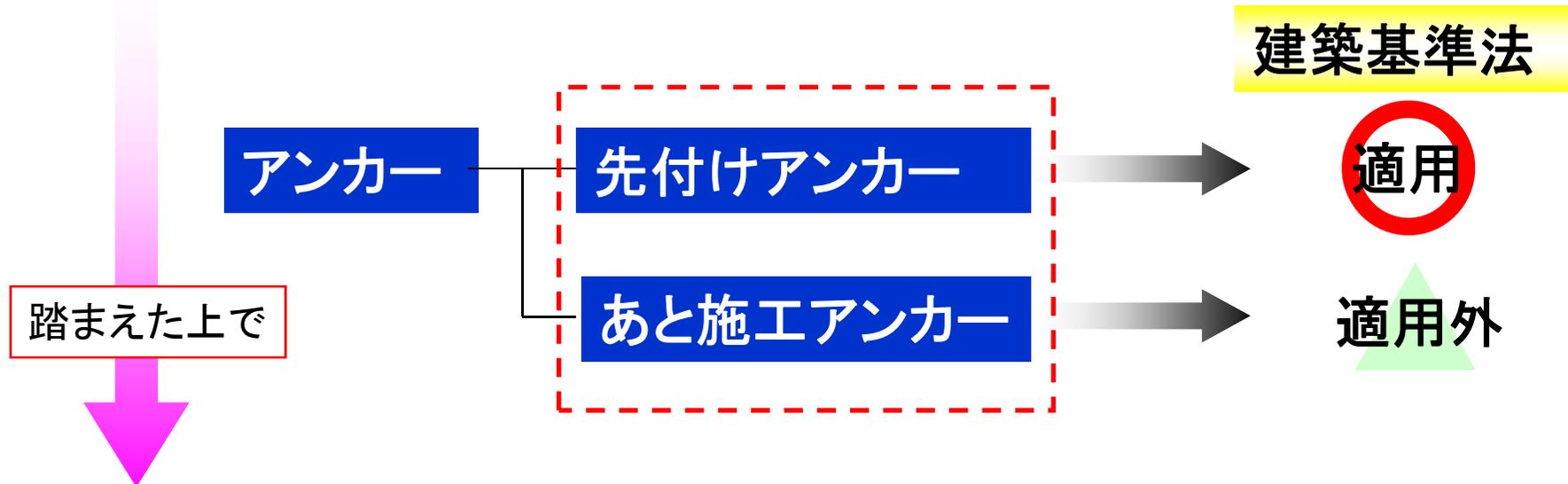
民間・大学を中心に蓄積してきた成果を、建築基準法に反映するための資料の整備および長期許容応力度に関する課題の解決を行う。

### ねらい

今回の国交省の補助金は、これまで蓄積してきた成果を有効に活用するために、時期を得たものであり、適用範囲を限定して、増築、改築時に安心・安全にあと施工アンカーを使用するための環境をつくっていくこと。

## 4.課題の抽出

主要構造部へ適用するためのあと施工アンカーの性状把握



あと施工アンカーの長期に対する課題

付着強度特性

クリープ特性

へりあきの影響

せん断特性

耐火・耐熱特性

ひび割れの影響

## 5.平成21年度調査

### クリープ性能

接着系あと施工アンカーの3ヶ月程度の引張クリープ実験を行い、先付アンカーや諸条件による比較を行った。  
また試験法について提案を行った。

### せん断性能

へりあきの影響を受けない場合について、長期のせん断試験法を提案する。その前段階として、長期試験につながる終局状態を再現できる試験法の検討を行った。

### へりあきの影響

長期の付着強度にへりあきの効果を考慮する必要があるかの検証を行うため、FEMによる解析的研究を行う諸条件について検討を行った。

### 耐火性能

過去の研究例や海外の耐火に関する規格などの文献を基にあと施工アンカーが適用可能な部位の抽出を行った。

### 文献レビュー

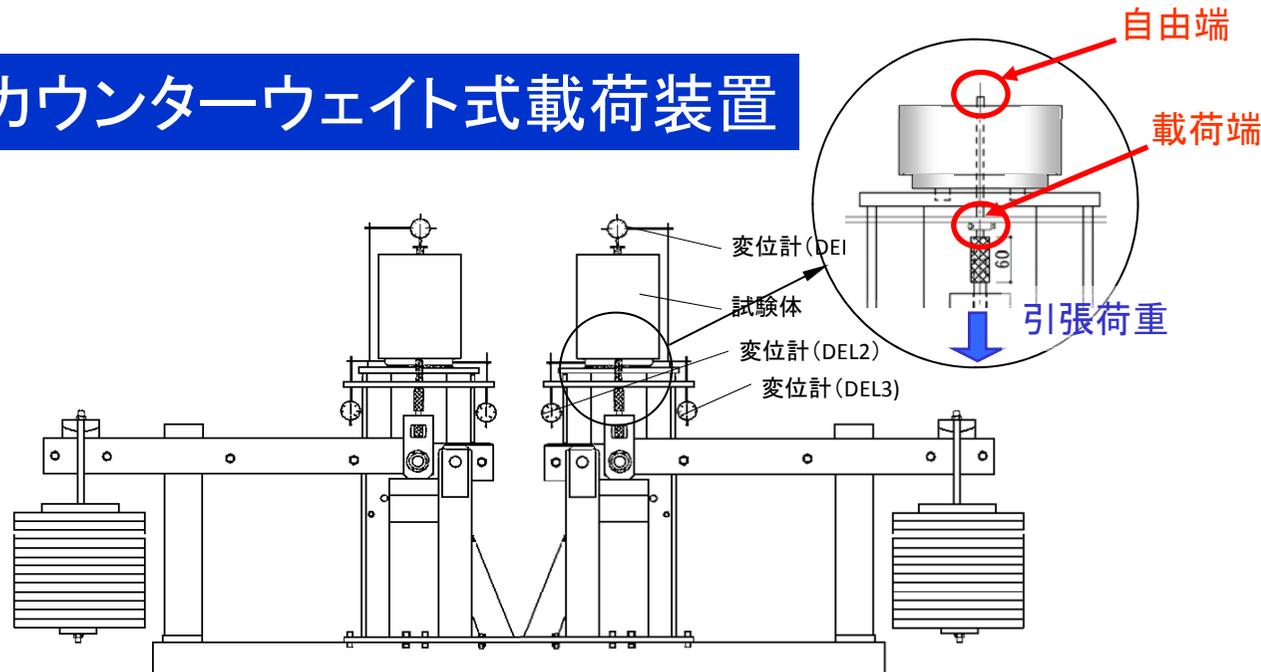
収集した文献を調査し、今後の検討の参考資料として活用できるようにレビューを行った。

# 6.クリープ性能

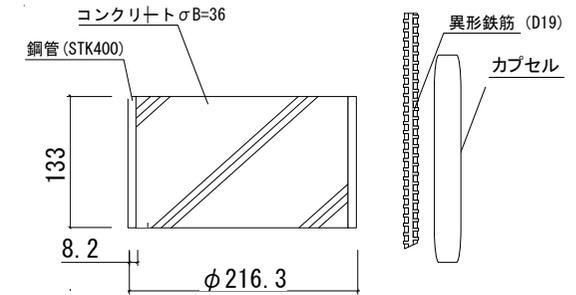
## 試験条件

鉄筋 (異形棒鋼SHD685)	D13、D19
定着方法	先付け、あと施工
定着長さ	7da、15da
鋼管	外径×厚さ=φ216.3×8.2 (mm)、材質: STK400
コンクリート圧縮強度	$\sigma_B=18、36$ (N/mm <sup>2</sup> )
実験環境	気中常温 (実験室内)、20°C-80%恒温室

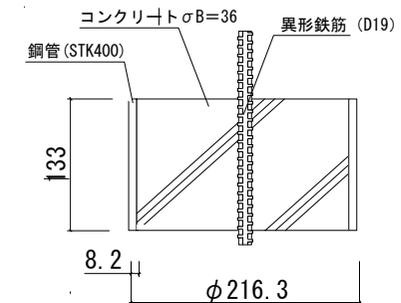
## カウンターウェイト式荷重装置



## 試験体形状一例



a) あと施工アンカー

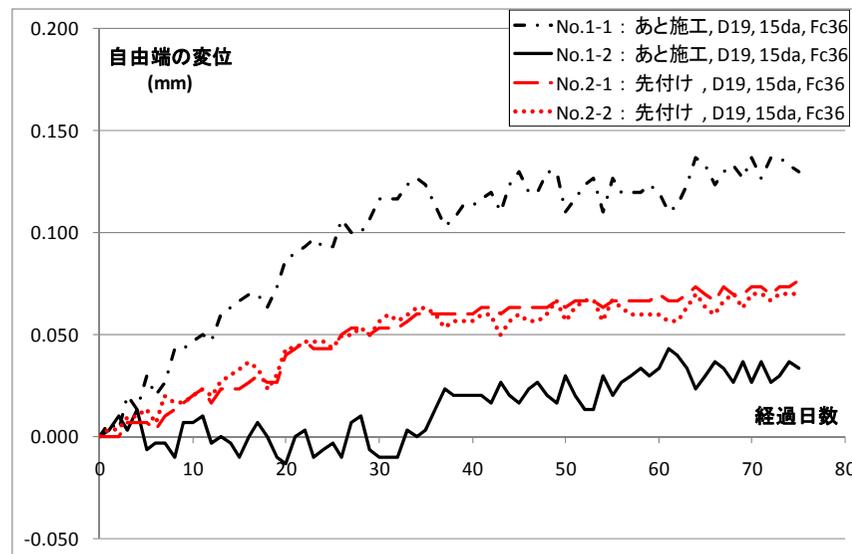


b) 先付け異形鉄筋

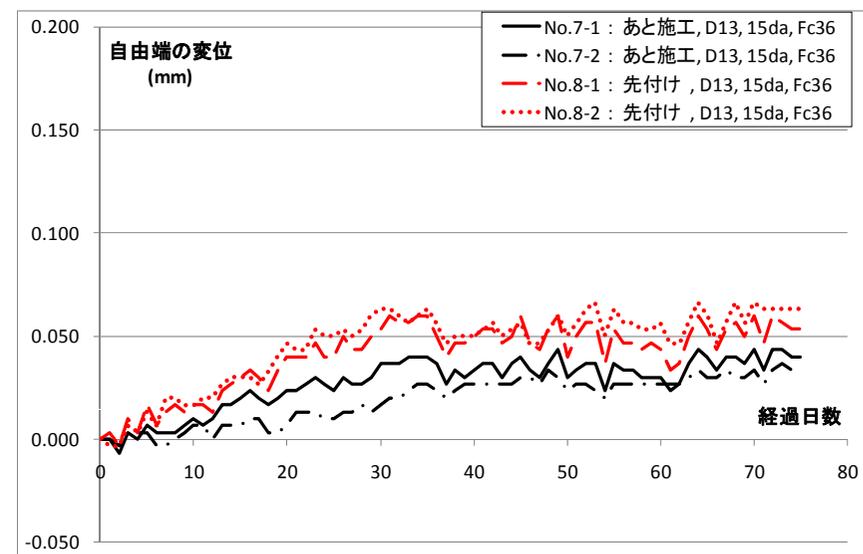
# 6.クリープ性能

## 試験結果① あと施工アンカーと先付けアンカーの比較

あと施工アンカー      先付けアンカー



(a) あと施工と先付けとの比較(D19)



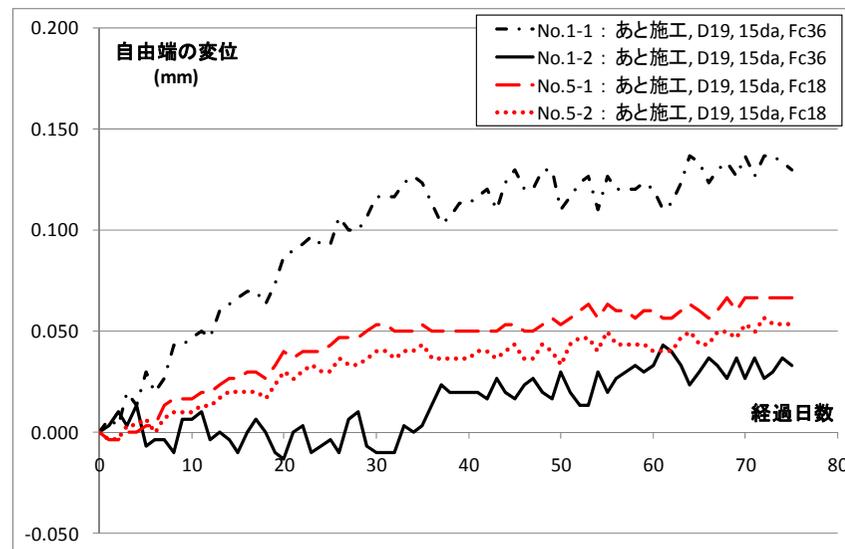
(b) あと施工と先付けとの比較(D13)

# 6.クリープ性能

## 試験結果② 諸条件における比較

Fc18N/mm<sup>2</sup>

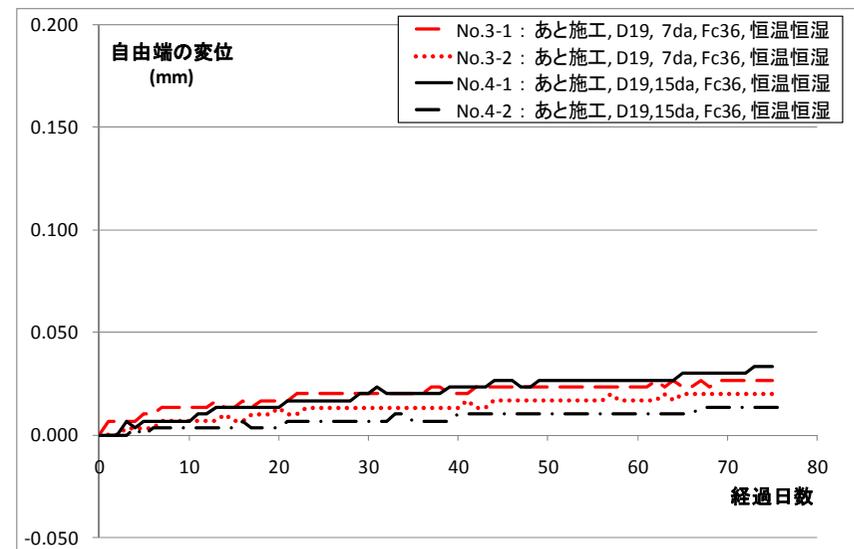
Fc36N/mm<sup>2</sup>



(c) コンクリート強度の影響

le=15da

le=7da



(d) 定着長さの影響

## 6.クリープ性能

### まとめ

- ・ 載荷装置は所定の持続荷重を載荷できることが確認できた。
- ・ 計算値より求めた付着耐力の1/3を載荷荷重とした引張クリープ試験結果では、80日間でのクリープ変形量は、最も大きい先付け異形棒鋼の試験体で0.08mm程度、接着系あと施工アンカーで0.04mm程度と、接着系あと施工アンカーと先付けアンカーとの違い、定着長さによる顕著な差は見られなかった。

### 課題

クリープ変形測定は、変形量が微小であるために、実験室内の空調による振動、クレーン操作時の振動、および、錘を設置する際の振動等に反応が見られた。今後は設置方法を含めた検討を行う。

# 7.せん断特性検討実験

## 調査概要

アンカー筋にせん断加力する試験装置を考案し、短期試験を行い先付けアンカーと、あと施工アンカーそれぞれのアンカー筋の変形性状比較を行った。

## クレビス型せん断試験装置

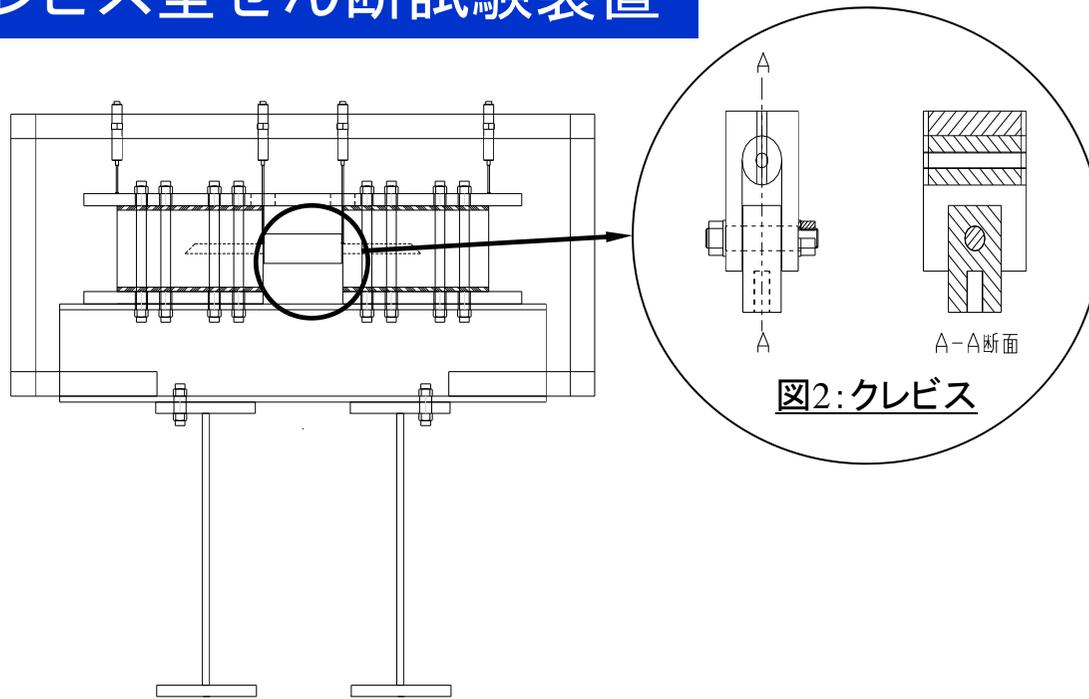


図1:せん断試験装置

図2:クレビス

表1:実験条件一覧

アンカー筋	M12,M20
材質	S45C
付着方法	先付けアンカー あと施工アンカー
付着長さ	7da ・M12=84mm ・M20=140mm
供試体	各4体
コンクリート圧縮強度	呼び28.5N/mm <sup>2</sup>
供試体	各4体

試験数量: 供試体n=4

(1セット=2本 計2セット=4本)

# 7.せん断特性検討実験

## 実験結果

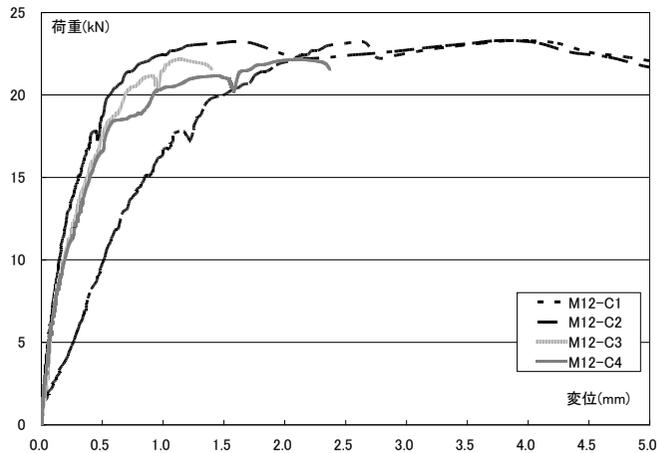


図3:M12 先付けアンカー荷重変位曲線

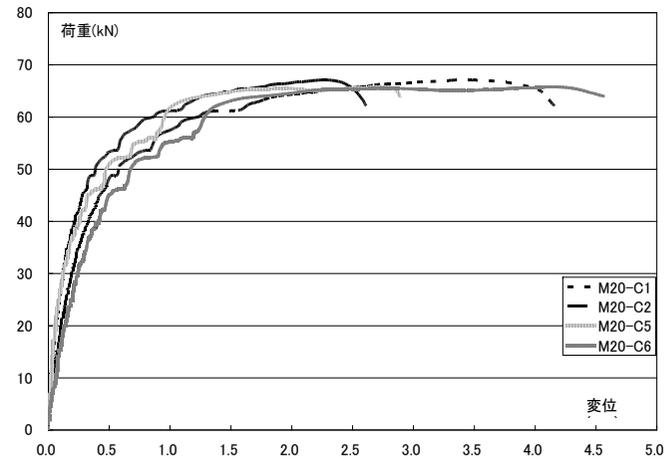


図5:M20 先付けアンカー荷重変位曲線

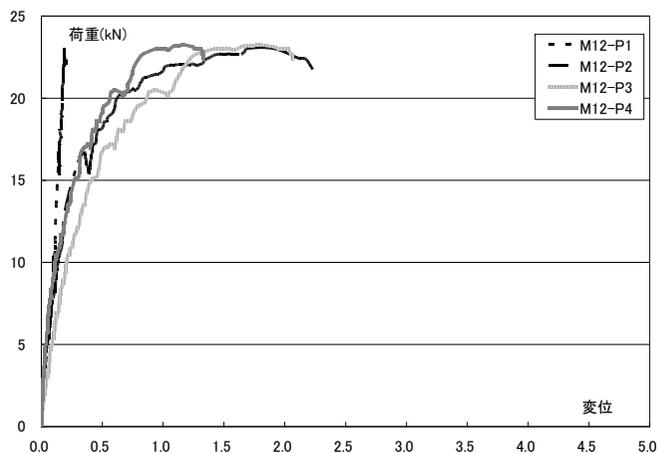


図4:M12 あと施工アンカー荷重変位曲線

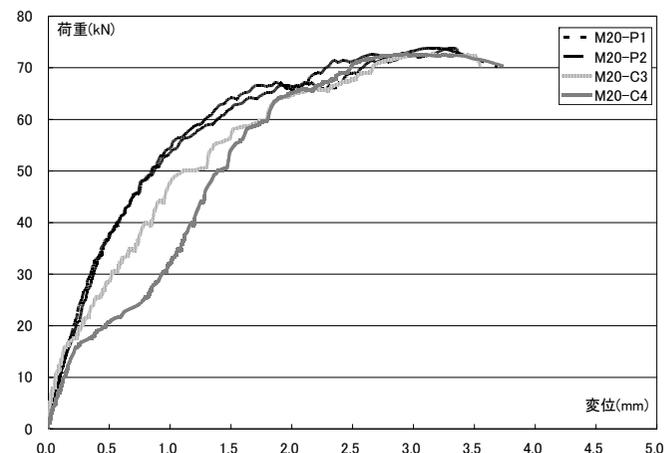


図6:M20 あと施工アンカー荷重変位曲線

# 7.せん断特性検討実験

## 実験結果

- ＜M12＞
  - ・せん断剛性は、あと施工アンカーと先付けアンカーでは差は見られない。
  - ・先付けアンカーでは、最大せん断強度が同じだが、せん断剛性が低いもの(M12-C1)も見られた。
- ＜M20＞
  - ・先付けアンカーのせん断剛性が高い性状結果
  - ・せん断剛性は、あと施工アンカーは先付けアンカーに比べて低く、最大強度は高くなっている。

## まとめ

- ・試験治具や試験装置設置方法および加力方法を改良する必要性がある。
- ・せん断剛性に樹脂の厚さが影響していることが考えられるので、樹脂の厚さを変えた試験を行い、物性値の検討を行う。
- ・長期せん断載荷試験の計画
- ・実験結果の詳細検討および評価の必要

## 8.耐火特性

### 調査目的

あと施工アンカーの耐火特性について、海外での性能規定等について検討を行うことを目的として調査を行うこととした。

### 調査概要

海外を含めた文献を中心に、あと施工アンカーの耐火特性について調査を行った結果から建築構造物であと施工アンカーを適用できる可能性がある主要構造部について検討および抽出を行った。

### 調査方法

文献調査データベースをもちいて、あと施工アンカーの耐火性についての論文、規格、解説などの資料を収集した。

# 8.耐火特性

## 調査結果(1例)

コンクリートをISO834加熱曲線に準拠して加熱した場合、かぶり厚みによって受ける温度が異なることが示されている。図より30分加熱及び1時間加熱では終了時点でもコンクリートのかぶり厚150mm位置では100℃に達していない。同様に3時間加熱では、かぶり厚み150mm位置で100℃は超えるが150℃には達していない状況がわかる。

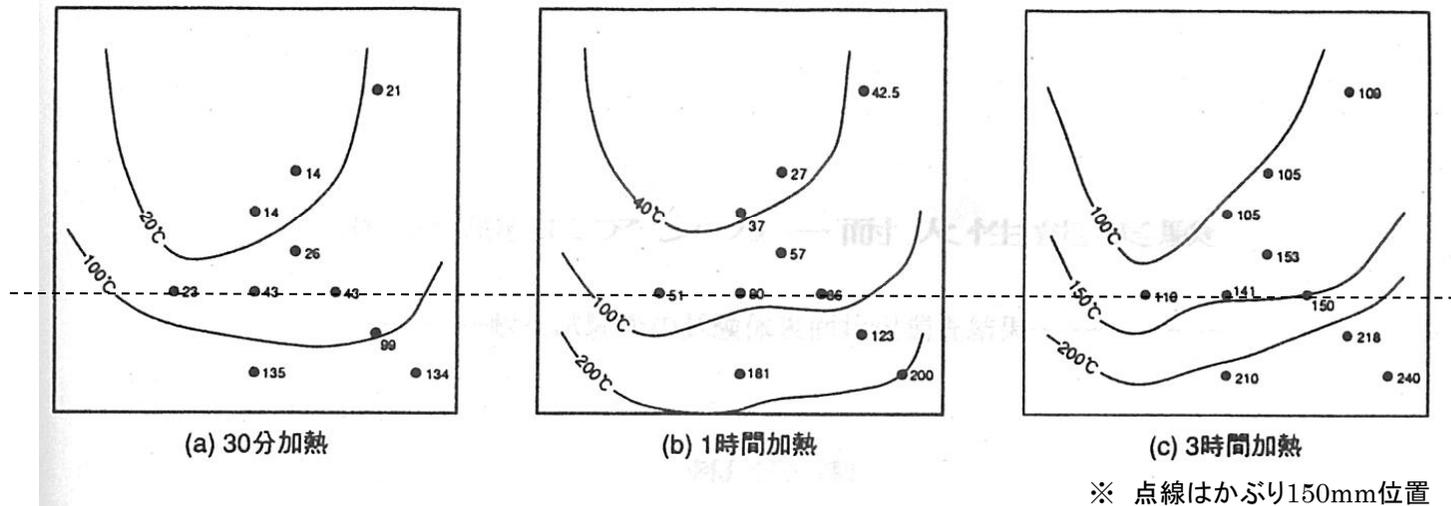


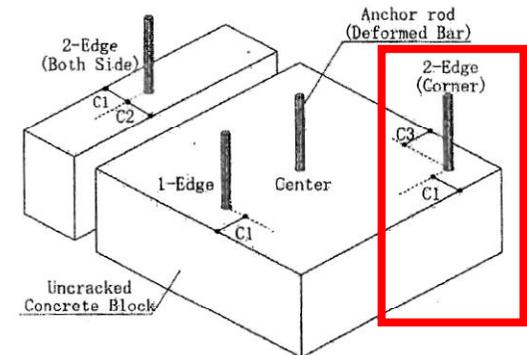
図1: 三面加熱条件におけるコンクリート温度分布

(社)日本建築学会 あと施工アンカー調査研究委員会: 受託研究報告書あと施工アンカーに関する各種技術基準作成および調査研究, 1994

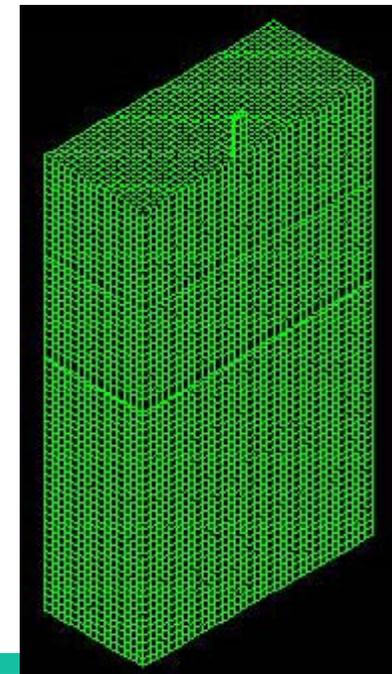
# 9.へりあき特性

**調査目的**：接着アンカーのへりあきと埋込み長さ（ $l_e$ ）がアンカー筋の引張剛性やコンクリートの内部応力に与える影響について、有限要素法（FEM）により検討することを目的とした。

**調査方法**：松崎らの接着アンカーの引張耐力に関する実験研究から、G7d（ $l_e$ ：133mm）とG14d（ $l_e$ ：266mm）を解析対象として選定した。総合FEM解析システム・FEMLEEG Ver. 4.0 R3を用いて、静的線形解析を実施した。



実験試験体の概要

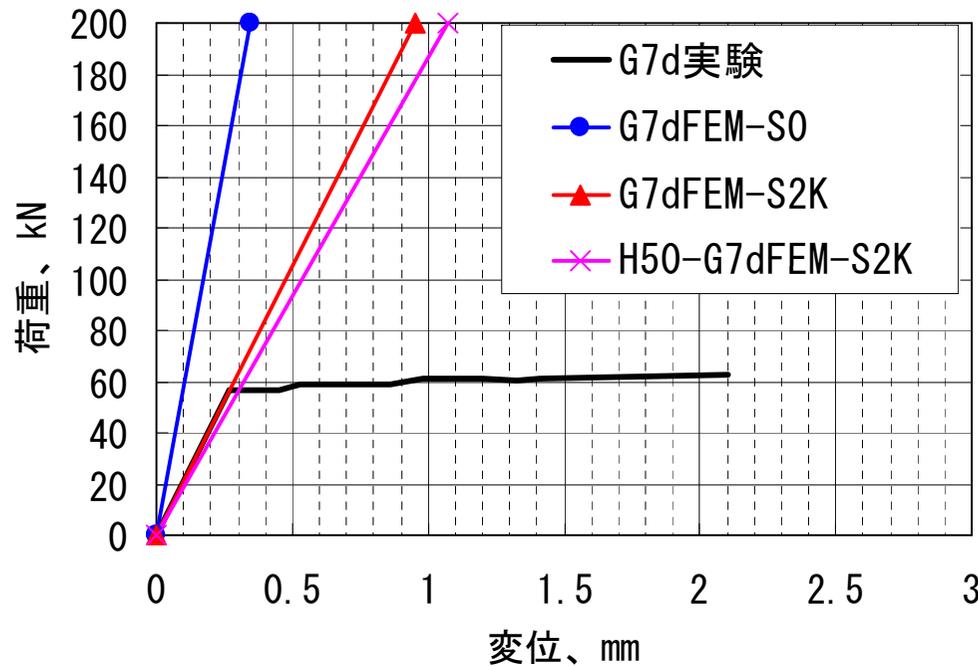


FEM解析の要素分割

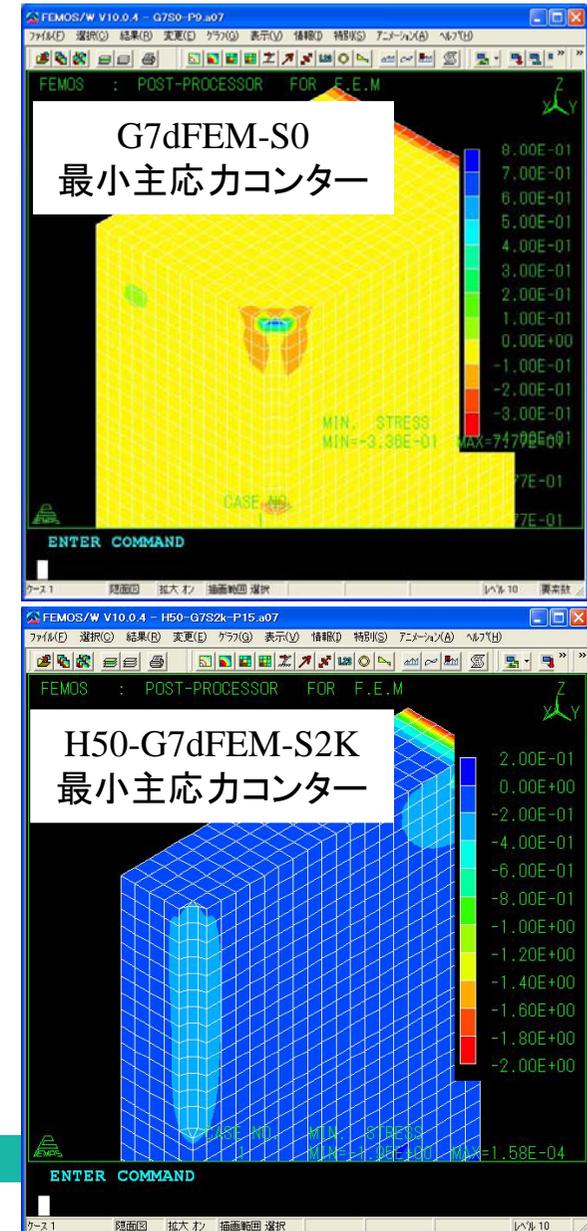
解析変数			
解析	有効埋込み長さ	へりあき	リンク剛性
G7dFEM-S0	133 mm	150 mm	無限大
G7dFEM-S2K	133 mm	150 mm	2,000 N/mm
H50-G7dFEM-S2K	133 mm	50 mm	2,000 N/mm
G14dFEM-S0	266 mm	150 mm	無限大
G14dFEM-S2K	266 mm	150 mm	2,000 N/mm
H50-G14dFEM-S2K	266 mm	50 mm	2,000 N/mm

# 9.へりあき特性

**調査結果**：一例として、埋込み長さの短いG7d ( $l/e$ : 133mm) の解析結果を紹介する。



完全付着 (すべりなし) : 引張剛性を過大評価  
 リンク要素 (すべりあり) : 実験を検証できた  
 へりあき50mm仮想試験体 : 約10%の引張剛性低下



## 9.へりあき特性

### まとめ：

- (1) アンカー筋とコンクリート間を完全付着としたFEM解析は、実験の引張剛性を過大評価した。
- (2) アンカー筋の付着すべりや接着層のせん断変形等を考慮し、アンカー筋とコンクリート間に適切なリンク要素を導入することにより、FEM解析は実験結果を検証できた。また、最小主応力コンターより、埋込み長さが短い場合には、応力はアンカー筋全長に渡ってコンクリートへ伝達された。
- (3) へりあきを50 mmとした仮想試験体のFEM解析より、引張剛性は約10%低下することがわかった。

### 今後の課題：

接着層の長期クリープ性状を把握することは、へりあきと長期許容応力度との関係を考察する上で重要である。また、接着層の長期クリープ性状を実験的に考察し、実験結果を用いて解析モデルの精度向上を目指す必要がある。

## 10.総括および残された課題

### クリープ実験

今後の普及も考えて一般の実験室内での実験を行ったが、実験場所の環境の影響が大きく、設置方法を改善する必要が認められた。従って、試験環境が与える実験データへの影響を詳細に調査して、改善方法を検討し、試験法の標準化に向けた提案を行うことが課題となる。

### せん断実験

データは収集できたが、樹脂の厚みを因子とした比較を行い、より詳細なデータを求め、定量化する必要がある。とくに、あと施工アンカーとしてコンクリートとアンカー筋の隙間を充填する場合の樹脂特性を考慮した試験方法を検討することが課題となる。

### へりあき実験

過去の文献に示されたデータを基に解析モデルの作成を行い、第1ステップとして、埋込み長さ、へりあき距離を因子とした解析を行った。今後、樹脂部分の特性を考慮したばね剛性を用いた解析を行う。そのために、樹脂の硬化物特性としてばね剛性を設定するための調査を行うことが課題となる。

### 耐火性能

耐火については、文献を基に問題点を抽出した。