

## S20 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

株式会社 東京ソイルリサーチ  
芝浦工業大学  
(建築研究所との共同研究)

1

### 調査の概要

#### 背景

■ 現状でのあと施工アンカーの法的位置づけ : 適用範囲に大きな制限

- ・ せん断及び引張り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 (平18国交告第314号)
- ・ 建築基準法においては、既存RC部材の補強にのみ適用を認め、短期許容引張力、短期許容せん断力についてのみ規定 (技術的助言「あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針」)
- ・ 現行の建築基準法を満足しない建築物の耐震補強以外に適用するための条件は整備されていない。

■ 近年の状況 : 長期応力を負担する部材に使用するための技術的知見が蓄積

平成20～22年度 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」

- ・ 長期許容応力度の提案
- ・ 長期応力に対する設計方針・留意点
- ・ 長期載荷試験法の検討
- ・ 適用範囲は接着系あと施工アンカーでハンマードリル穿孔+カプセルタイプ

➡ 短期・長期応力を負担する構造部材へのあと施工アンカーの適用拡大が要望されている

# あと施工アンカーを構造部材に 適用する場合に必要な事項

## ■基本的な考え方

あと施工アンカーおよびあと施工アンカーを用いた部材の構造性能が、先付け鉄筋やアンカーボルトを用いた構造部材の有する性能と同等以上であること

## ■上記確認のために必要な事項

- ・適用条件の明確化
- ・あと施工アンカーの基本性能の確保
- ・冗長性の確保 : 供用年限中における構造安全性の確保
- ・製品品質の確保 : 製造から現場受入れまでの品質確保
- ・施工品質の確保 : あと施工アンカー工事の適切な方法で管理と検査
- ・適切な審査 : 第三者による審査

3

# あと施工アンカーを構造部材に 適用する場合に必要な事項

## 本建築基準整備促進事業における調査項目

- (1) あと施工アンカーの適用条件及び  
許容応力度の確認方法に関する検討
- (2) 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
- (3) あと施工アンカーの施工品質管理(監理)に関する検討

平成20～22年度 建築基準整備促進事業との違い  
(今回の取組み)

- ・注入方式アンカーが対象
- ・構造部材に使用した場合が対象
- ・品質管理および施工監理について検討

4

## (1)あと施工アンカーの適用条件及び許容応力度の確認方法に関する検討

接着系あと施工アンカーの適用条件について、使用方法や使用条件等を定める「使用基準」、そこで要求されるあと施工アンカーの性能を定める「性能判定基準」として整理し、それらの作成に必要な技術資料の収集・例示を行う。およびあと施工アンカーの各許容応力度を確認するための試験方法を整備する。

- 1-1) あと施工アンカーの使用基準、性能判定基準の作成に必要な技術資料の収集・例示
- 1-2) あと施工アンカー単体の短期性能確認試験(引張・せん断)
- 1-3) あと施工アンカー単体の長期性能確認試験(引張)

5

## (2)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

あと施工アンカーが短期および長期のせん断・引張応力を負担する部材について構造実験等を行い、あと施工アンカーを用いた部材の構造性能の確認方法を整備する。

- 2-1) 耐力壁の端部(新設開口部)にあと施工アンカーを使用した場合の構造性能確認試験
- 2-2) 増設スラブの引張鉄筋にあと施工アンカーを使用した場合の構造性能確認試験

6

# (3)あと施工アンカーの 施工品質管理(監理)に関する検討

施工条件を変動因子としたあと施工アンカーの短期引張およびせん断試験により、適切な施工品質管理の方法を検討し整備する。

3-1) 実建物施工における付着性能のばらつき確認試験

3-2) 注入方式を対象としたあと施工アンカーの

施工監理指針の作成に必要な項目の抽出

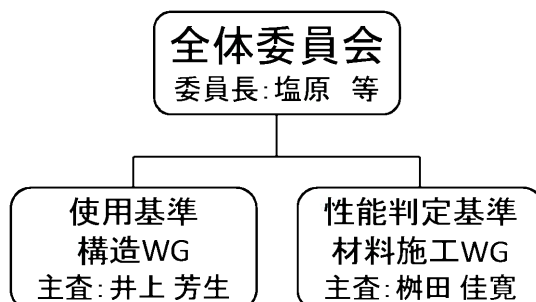
7

## 検討体制

### 事業主体

- ・ 東京ソイルリサーチ 秋山 友昭
- ・ 芝浦工業大学 隈澤 文俊  
濱崎 仁

### 委員会構成



全体委員会		
委員長	塩原 等	東京大学大学院教授
幹事	井上 芳生	INO建築構造研究室
委員	秋山 友昭	東京ソイルリサーチ
	隈澤 文俊	芝浦工業大学教授
	濱崎 仁	芝浦工業大学准教授
	榎田 佳寛	日本大学 特任教授
	中野 克彦	千葉工業大学教授
	楠 浩一	東京大学地震研究所准教授
	杉本 訓祥	横浜国立大学准教授
	香取 慶一	東洋大学教授
	細川 洋治	細川建築構造研究室
	伊藤 嘉則	建材試験センター
	渡辺 一弘	UR都市機構
	福山 洋	国総研 住宅研究部
	井上 波彦	国総研 建築研究部
	諏訪田 晴彦	国総研 建築研究部
	棚野 博之	建築研究所 材料研究G
	宮内 博之	建築研究所 材料研究G
	土屋 直子	建築研究所 材料研究G
	向井 智久	建築研究所 構造研究G
	田沼 毅彦	建築研究所 構造研究G
	中村 聡宏	名古屋大学助教 (当時)
	松沢 晃一	首都大学東京助教 (当時)

8

# 検討スケジュール

項目	27年度									28年度	29年度	
	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月			
1.実験												
・短期せん断実験	計画				試験体製作			実験実施	結果まとめ			
・短期引張実験	計画				試験体製作	実験実施		結果まとめ				
・試験施工と構造実験(耐力壁)	計画				試験体製作		実験実施	結果まとめ				
・長期引張試験	計画				試験体製作			実験実施				
・試験施工と長期たわみ試験(試験室スラブ)	計画				試験体製作			実験実施				
・試験施工と長期たわみ試験(実大スラブ)	計画				試験体製作			実験実施				
・施工品質に関する試験					計画		施工	試験実施	結果まとめ			
2.文献調査												
・既往の実験調査												
・指針の確認												
3.まとめ												
・実験結果、文献調査まとめ												
・適用条件の整備												
4.委員会開催(4回)												

# 調査結果

# (1)あと施工アンカーの適用条件及び 許容応力度の確認方法に関する検討

11

## 1-1)あと施工アンカーの使用基準，性能判定基準の作成に 必要な技術資料の収集・例示

### ■使用基準における確認事項(例)

- ・使用部材・使用部位・使用環境
- ・荷重および外力の種類ならびに大きさとその組合せ
- ・部材に生じる力(曲げモーメント・せん断力・軸方向力)
- ・接着系あと施工アンカーの要求性能
- ・接着系あと施工アンカーの設計
- ・接着系あとアンカーを使用した構造部材の設計
  - ・破壊形式
  - ・強度，剛性，変形性能
  - ・部材実験

12

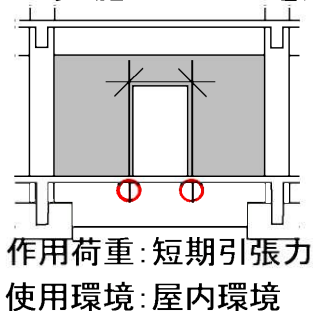
# 1-1)あと施工アンカーの使用基準, 性能判定基準の作成に必要な技術資料の収集・例示

## 使用部材・使用部位・使用環境の明確化

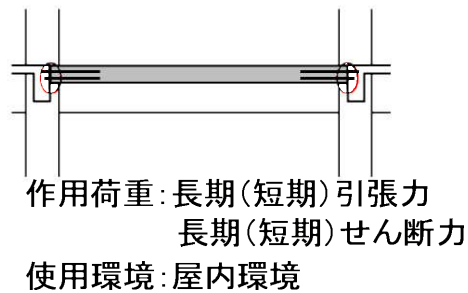
あと施工アンカーを構造部材に適用する場合,  
その使用部位や環境に応じた作用荷重条件が  
明らかな箇所に使用する

## 今回想定した部材適用の例

既存耐力壁に開口新設  
→ 端部補強筋に  
あと施工アンカーを適用



スラブの増設  
→ 主筋に  
あと施工アンカーを適用



13

# 1-1)あと施工アンカーの使用基準, 性能判定基準の作成に必要な技術資料の収集・例示

## 接着系あとアンカーを使用した構造部材設計に必要な確認事項(例)

使用部材	使用部位	確認事項 (例)
RC造耐力壁	増設耐力壁の縦補強筋および, 開口部設置に伴う縦補強筋の周辺部材との接合部分	剛性
		接合強度
		部材強度
		変形性状
		破壊性状
		構造規定・接合部詳細
RC造スラブ	増設スラブの支持部材との接合部分	剛性
		接合強度
		部材強度
		長期荷重時の変形性状
		変形増大係数
		脱落防止機構
		構造規定・接合部詳細

14



# 1-1)あと施工アンカーの使用基準, 性能判定基準の作成に必要な技術資料の収集・例示

## 接着系あと施工アンカーの性能判定基準における確認事項(例)

適用項目		性能判定基準(案)
1. 適用範囲	(1) <b>1.適用範囲</b>	あと施工アンカーの保有性能から判断して、適用範囲が妥当であること。
2. 施工	(1) 施工資格者	第三者機関認定のあと施工アンカー施工資格者で、かつ申請工法の施工に精通していること。
	(2) 穿孔方法・穿孔機械	穿孔方法および穿孔機械が特定されており、かつ申請するあと施工アンカーの所要性能を十分に発揮させるものであること。
	(3) 施工方向	施工方向が明記されていること。また、施工方向ごとの施工上留意すべき事項が妥当であること。
	(4) ドリル径と許容差、穿孔深さと許容差	アンカー筋の外径ごとに使用するドリル径が妥当であること、およびドリル径の許容差が妥当であること。
	(5) <b>2.施工</b>	アンカー筋の外形および埋込み長さごとの穿孔深さが妥当であること、および穿孔深さの許容差が妥当であること。
	(6) 接着材料(主剤、硬化剤、骨材、添加剤)の混合方法、充填方法	孔内清掃方法が妥当であること。 接着材料の混合方法および穿孔内への充填方法が妥当であること。 注入方式の場合の注入量の管理方法が妥当であること。
	(7) アンカー筋固着方法および養生条件	アンカー筋の固着方法が特定されており、かつ妥当であること。 アンカー筋の養生条件が妥当であること。
	(8) 施工時および施工後の環境条件	施工時の環境条件、および施工後の環境条件が妥当であること。
	(9) 施工品質管理	施工時の管理項目、管理方法、ならびに施工品質判定基準が妥当であること。
3. 構成部品	(1) 容器の材質、容器の形状・寸法・内容量とこれらの許容差	アンカー筋の機能を実現させるために十分な化学的性能および機械的物性を有し、かつ長期間にわたり安定していること。
	(2) 接着剤の材質および強度ならびに骨材の材質	接着剤の材質および付着強度(算定値に対して95%以上の信頼性を有している)ならびに骨材の材質が妥当であること。
	(3) 内容物(主剤、硬化剤、骨材、添加剤)の重量と許容差	内容物の重量および重量比率ならびに許容差が妥当であること。
	(4) 硬化後の接着剤の物性	有機系接着剤にあつては、圧縮強さ、引張強さ、曲げ強さ、圧縮弾性係数、耐アルカリ性の保証値が妥当であること。 無機系接着剤にあつては、圧縮強さ、引張強さ、曲げ強さの保証値が妥当であること。
	(5) <b>3.構成部品</b>	部品の製造に際しての管理内容が妥当であること。
	(6)	アンカー筋の種類、および埋込み先端形状が妥当であること。また、所要の機能と長期安定性に影響を及ぼさない外觀であること。 所要の機能を実現させるための十分な機械的性質および物性を有し、長期間にわたり安定していること。
	(7) アンカー筋の材質・表面処理	アンカー筋の表面には、接着剤の硬化およびアンカー筋の固着を阻害するものがないこと。 アンカー筋の防食が必要な場合は、適切な表面処理が施され、適用範囲とする環境条件に対して表面処理が妥当であること。
	(8) アンカー筋の強度・ねじ等級	アンカー筋の降伏点または耐力および引張り強さ、ならびに伸び率は、使用する素材の規定値をみたとすこと。 JISに規定された素材の場合には、JIS規格値を満たすこと。 ねじを使用する場合のねじは、原則としてJIS B0205-1,2,3,4:2001(メートルねじ)の規定を満たしていること。
4. 製品	(1) 製造時品質管理	製品の製造に際しての管理内容が妥当であること。
	(2) 母材の種類	母材の種類が妥当であること。
	(3) <b>母材の設計用採用強度の範囲</b>	母材の設計用採用強度の範囲が妥当であること。
	(4) 終局引張耐力	終局引張耐力は、その算定値に対して95%以上の信頼性を有していること。
	(5) <b>4.製品</b>	引張剛性は、その評価値に対して95%以上の信頼性を有していること。
	(6) 終局せん断耐力	終局せん断耐力は、その算定値に対して95%以上の信頼性を有していること。
	(7) せん断剛性	せん断剛性は、その評価値に対して95%以上の信頼性を有していること。

15

## 1-2)あと施工アンカー単体の短期性能確認試験(引張・せん断) 1-3)あと施工アンカー単体の長期性能確認試験(引張)

### 実験の趣旨・概要

- あと施工アンカー単体の「性能確認試験方法の標準化」、「性能判定基準等」を提案することを目的としている。
- 荷重は、短期と長期を想定している。
- 対象とする性能：力学的特性と変形特性
- 性能確認試験の標準化のための検討
  - 「試験項目の設定」
  - 「試験体製作方法の検討」
  - 「試験標準化に関する検討」
  - 「結果に対する評価方法の検討」
- 次年度以降に必要となる検討内容について整理した。

16



## 1-2) あと施工アンカー単体の短期性能確認試験(引張)

### 水準および数量

区分	条件	要因	水準数	水準
短期	試験体	コンクリート目標強度 ( $\sigma_{B0}$ )	4	12, 18, <u>27</u> , 36N/mm <sup>2</sup>
		アンカー筋種類・径	5	D13, D19, <u>M12</u> , M20, D13 先付け
		埋込み長さ	3	<u>5da</u> , 7da, 10da
		座掘	3	無し, <u>両面</u> , 片面
	試験条件	拘束孔径	3	2D, <u>1.5D</u> , 1.2D (D: 穿孔径)
		試験時試験体温度	4	5°C, <u>20°C</u> , 40°C, 60°C
接着剤種類		3	<u>エポキシ系</u> , エポキシアクリレート系, セメント系	
長期	クリープ	試験時温度	3	5°C, <u>20°C</u> , 40°C
		接着剤種類	2	エポキシ系, セメント系
		載荷荷重	1	$\tau=15\text{N/mm}^2$

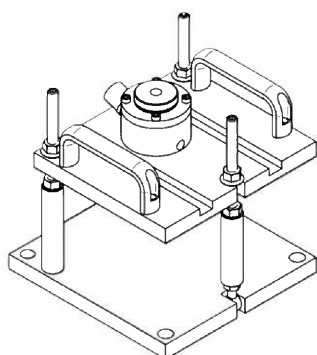
注：下線部の水準は、本実験で標準とした条件を示す。

17

## 1-2) あと施工アンカー単体の短期性能確認試験(引張)

### 試験体作製

### 施工精度確保のための専用の治具の開発



穿孔用治具



穿孔状況写真



アンカー筋の固着状況写真

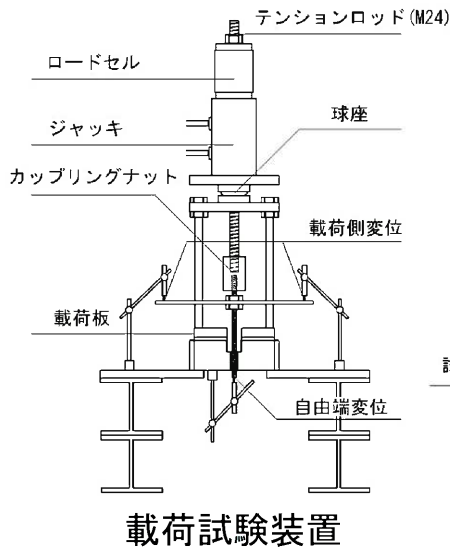
### 試験体の施工精度

アンカー筋	埋込み長さ(mm)			穿孔径(mm)			垂直度(deg.)		
	目標値	平均値	標準偏差	目標値	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
D13	65.0	66.4	1.37	16.0			±1.80	0.69	
D19	95.0	104.9	2.57	24.0			±1.70	0.80	
M12	エポキシ セメント	60.0	65.3	4.68	14.0	14.2	0.53	±1.84	0.76
					16.0	16.2	0.10		
M20		100.0	108.9	1.50	23.0			±1.48	1.03

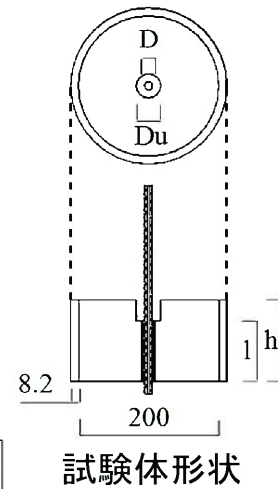
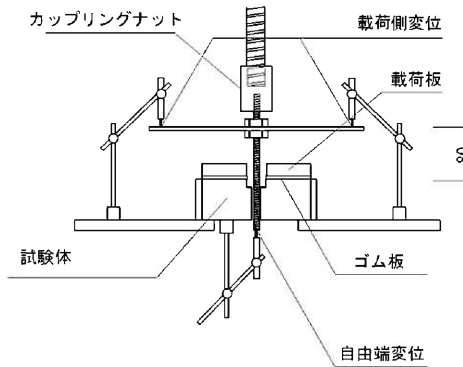
18

## 1-2) あと施工アンカー単体の短期性能確認試験(引張)

### 加力・計測状況



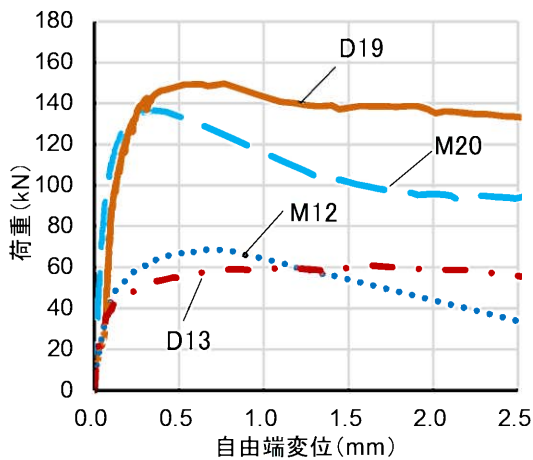
載荷試験状況写真



19

## 1-2) あと施工アンカー単体の短期性能確認試験(引張)

### 荷重一変位関係



### 付着強度

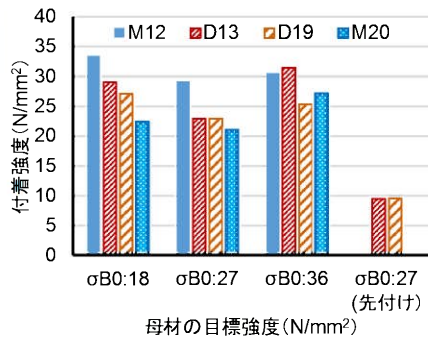
水準 No.	$\sigma_B$	アンカー筋種類	埋込み長さ	座掘り孔径(形状)	付着強度 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )		
					平均	標準偏差	変動係数
1	27	M12	5da	1.5D	29.2	1.09	0.037
2	27	D13	5da	1.5D	23.0	1.34	0.058
3	27	D19	5da	1.5D	23.0	1.86	0.081
4	27	M20	5da	1.5D	21.1	1.62	0.077
5	18	M12	5da	1.5D	33.6	1.13	0.034
6	18	D13	5da	1.5D	29.1	1.82	0.063
7	18	D19	5da	1.5D	27.1	1.46	0.054
8	18	M20	5da	1.5D	22.4	1.70	0.076
9	36	M12	5da	1.5D	30.6	1.69	0.055
10	36	D13	5da	1.5D	31.5	1.70	0.054
11	36	D19	5da	1.5D	25.4	1.18	0.047
12	36	M20	5da	1.5D	27.2	1.21	0.044
13	12	D19	5da	1.5D	25.7	1.71	0.066
14	27	D13先	7da	1.5D	9.5	0.45	0.047
15	27	D19先	7da	1.5D	9.6	0.68	0.071
16	27	M12	5da	座掘り無	26.5	2.47	0.093
17	27	M12	5da	片面2da	29.2	1.09	0.037
18	27	M12	5da	両面座掘	26.4	0.31	0.012
19	27	M12	7da	1.5D	30.1	1.18	0.039
20	27	M12	10da	1.5D	アンカー筋破断のため計測せず		
21	27	M12	5da	2.0D	26.7	3.22	0.120
22	27	M12	5da	1.5D	29.2	1.09	0.037
23	27	M12	5da	1.2D	27.0	26.50	3.823

20

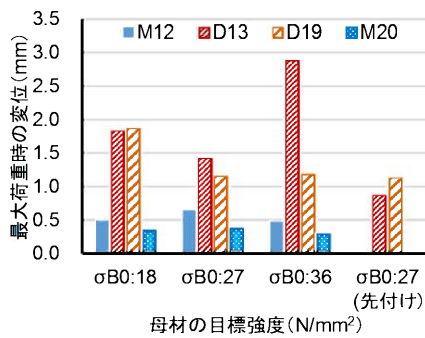
## 1-2) あと施工アンカー単体の短期性能確認試験(引張)

### アンカー筋種類の影響

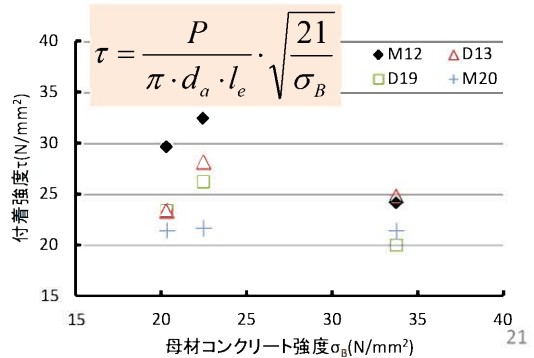
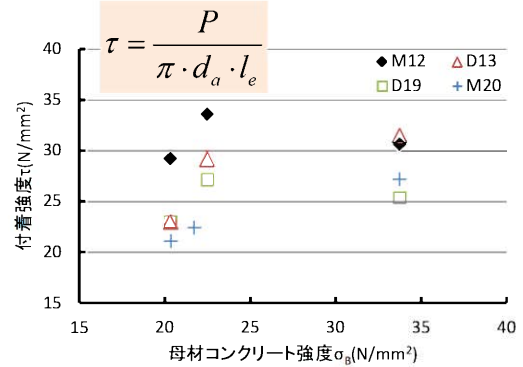
#### 付着強度



#### 最大荷重時の変位

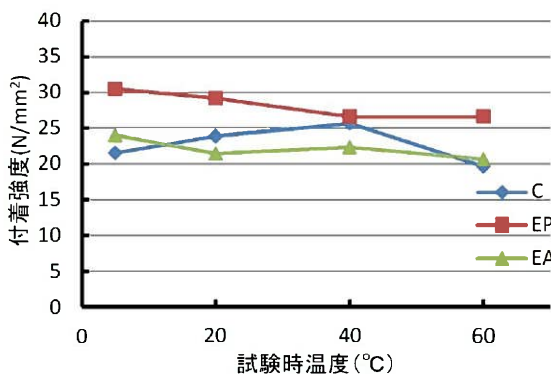


### コンクリート強度の影響

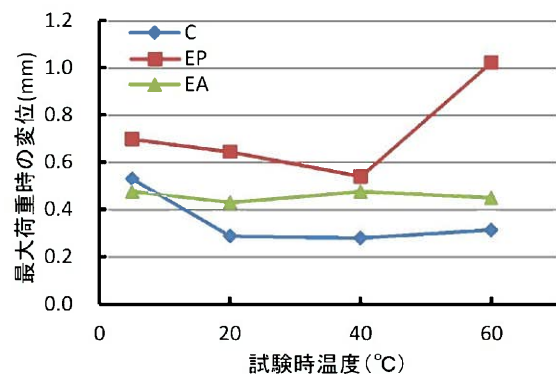


## 1-2) あと施工アンカー単体の短期性能確認試験(引張)

### 試験時の温度の影響



試験時の温度と付着強度の関係



試験時の温度と最大荷重時の変位の関係

## 1-2) あと施工アンカー単体の短期性能確認試験(せん断)

### 水準および数量

条件	No.	要因	水準数	水準	備考(試験目的)
試験体	A	コンクリート強度 ( $\sigma_{B}$ )	3	18・27・36N/mm <sup>2</sup>	ヤング係数の影響
	B	アンカー筋種類・径	4	D13・D16・D19・M20	支圧面積の影響
	C	埋込み長さ	1	$7d_a$	
	D	接着剤種類	3	エポキシ・セメント・エポキシアクリレート	接着剤の付着性能の影響

\* 下線は基本とする水準であり、各要因の試験体数はN=5とした。



穿孔状況写真

### 試験体作製

#### 試験体の施工精度

アンカー筋種類	埋込み長さ(mm)			穿孔径(mm)			垂直度(deg.)	
	目標値	平均値	標準偏差	目標値	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
D13	91.0	92.9	8.74	16.0	16.0	0.174	1.13	0.946
D16	112.0	114.3	1.48	20.0	20.0	0.078	2.50	1.65
D19	133.0	134.7	0.447	24.0	24.2	0.133	1.00	1.05
M20( $5d_a$ )	100.0	99.9	1.11	23.0	23.0	0.293	0.550	0.323
M20( $7d_a$ )	140.0	139.0	2.53	23.0	23.2	0.453	0.597	0.490

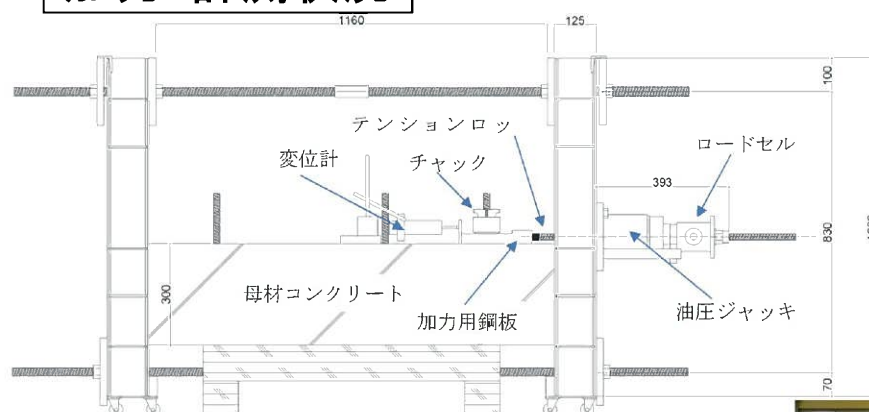


アンカー筋の固着状況写真

23

## 1-2) あと施工アンカー単体の短期性能確認試験(せん断)

### 加力・計測状況



載荷試験装置



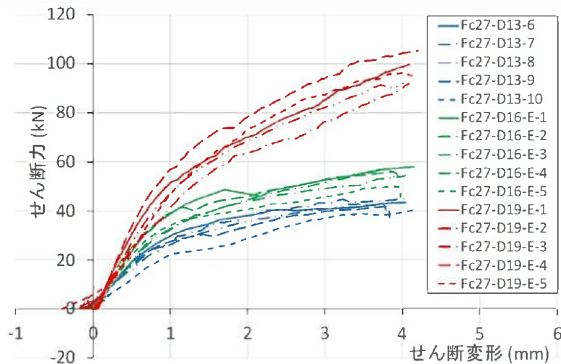
載荷試験状況写真

24

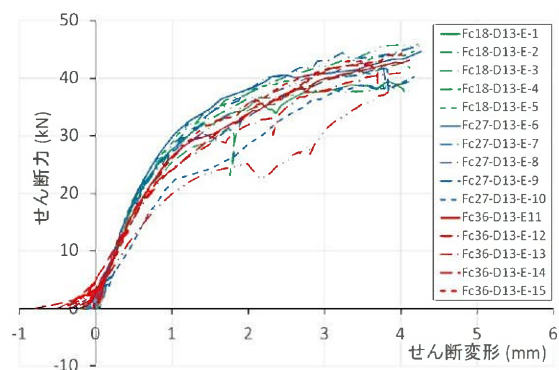


## 1-2) あと施工アンカー単体の短期性能確認試験(せん断)

### せん断力ーせん断変位関係



アンカー筋径による違い



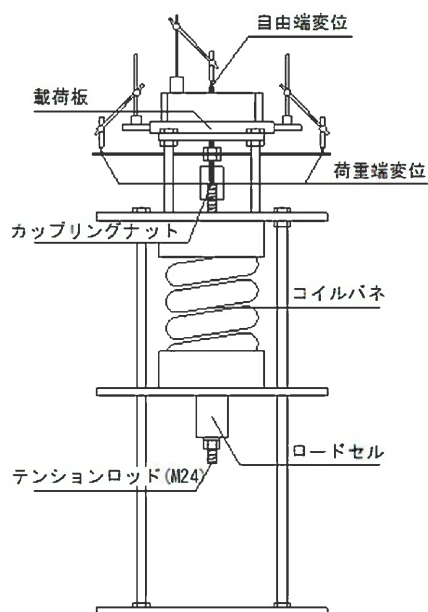
コンクリート強度による違い

せん断剛性はアンカー筋径が大きくなる程大きくなるが、コンクリートの圧縮強度およびヤング係数が大きくなってもせん断剛性に顕著な差は見られない。

25

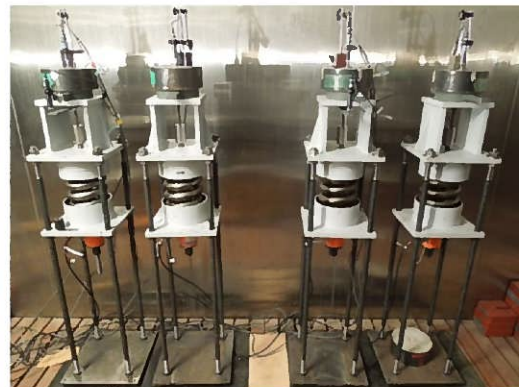
## 1-3) あと施工アンカー単体の長期性能確認試験(引張)

### 長期载荷試験



クリープ载荷試験装置

長期的な環境温度の影響を確認するため、5°C・20°C・40°C条件で持続的载荷(実験継続中)



クリープ载荷試験状況写真

26

# (1)あと施工アンカーの適用条件及び許容応力度の確認方法に関する検討

あと施工アンカー単体の性能確認試験について評価の項目および評価方法について検討した。

## ■性能評価を行うべき項目

- ・ 付着強度

## ■性能評価の水準案と設定理由

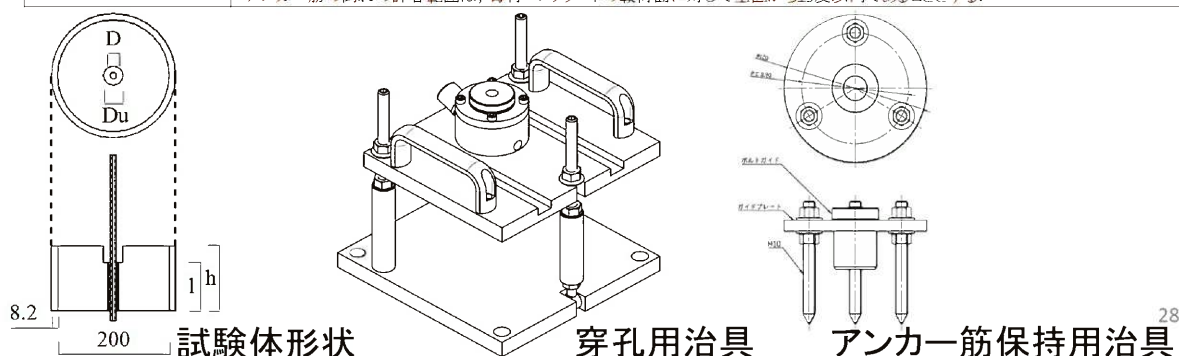
項目	水準設定の理由等
アンカー筋種類・径	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 全ねじボルトと異形鉄筋では付着強度が異なる。</li> <li>・ 全ねじボルトでは径が大きいほど強度が低下する傾向がある。</li> <li>・ 異形鉄筋は径の違いによる影響が小さい傾向にある。また、太径の高強度鉄筋が入手困難である。</li> </ul>
コンクリート強度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ コンクリート強度によって付着強度が異なるため、適用範囲の上限・下限を想定した確認が必要。</li> <li>・ JIS A5308の認証品を用いることによって一定のコンクリートの品質の範囲を担保する。</li> </ul>
試験時の温度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高温になると接着剤によって付着性能に影響を受ける。</li> <li>・ 屋外では60℃以上にまでアンカー部の温度が上昇する可能性がある。</li> </ul>
試験体数	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ばらつきを考慮し、95%信頼下限値を算出するため、試験体数が過度になりすぎない範囲で設定。</li> </ul>
埋込み長さ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ アンカー筋が降伏しない範囲でできるだけ長い埋込み長さを設定。</li> </ul>
拘束条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 付着強度を評価するためにコーン状破壊を生じさせない。</li> </ul>

27

# (1)あと施工アンカーの適用条件及び許容応力度の確認方法に関する検討

## ■試験体の施工手順例

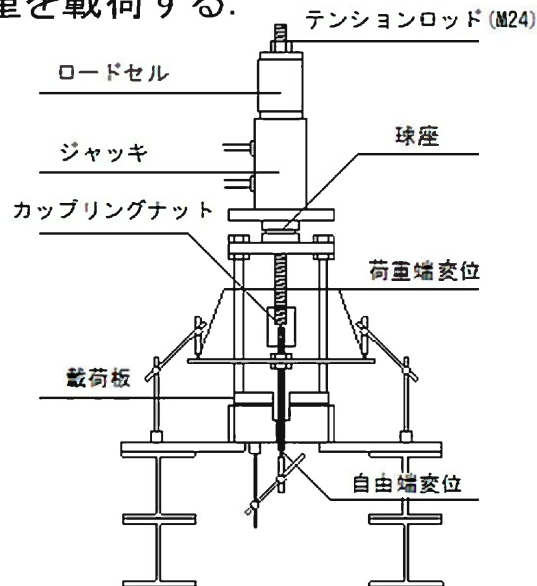
作業項目	作業手順
母材コンクリートへの穿孔	<ol style="list-style-type: none"> <li>①試験体底面および打込面の中央にマーキングする。</li> <li>②底面側中央に、深さが<math>2d_a</math>、径がアンカー穿孔径の1.5倍の座堀りを行う。</li> <li>③下図(中央)の例に示すようなドリルを垂直に施工することの出来る治具を用いて打込面側から所定の穿孔径のドリルビットで穿孔する。</li> <li>④穿孔後、ひび割れや欠損等がないかを確認し、ひび割れや欠損を生じたものは使用しない。</li> <li>⑤穿孔径を確認し、穿孔径が<math>\pm 0.3\text{mm}</math>以下の誤差であることを確認する。</li> <li>⑥試験体の高さおよび座堀りの深さを<math>0.1\text{mm}</math>まで測定し、その差を各試験体の埋込み長さとする。各試験体の埋込み長さは、所定の埋込み長さに対して<math>\pm 5\text{mm}</math>以下の誤差であることを確認する。</li> </ol>
穿孔箇所の清掃・準備	<ol style="list-style-type: none"> <li>⑦製造者が指定する機材および方法で、切り粉の除去、吸塵、穿孔側面の清掃を行う。</li> <li>⑧座堀りの孔側面に接着剤が直接付着しないような処理を行う。</li> </ol>
アンカー筋の固着	<ol style="list-style-type: none"> <li>⑨試験体底面に施工方法に応じて自由端を飛び出させるための凹状の台座を取り付ける。</li> <li>⑩製造者が指定する機材および方法で、アンカー筋を固着させる。</li> </ol> <p>アンカー筋の固着には、下図(右側)の例に示すようなアンカー筋を垂直に保持するための治具を用いるとよい。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>⑪接着剤が硬化後に⑧の台座を取り外し、接着剤の充填不良やアンカー筋の著しい倒れなどがないことを確認する。アンカー筋の倒れの許容範囲は、母材コンクリートの載荷面に対して垂直から<math>\pm 5</math>度以内であることとする。</li> </ol>



# (1)あと施工アンカーの適用条件及び許容応力度の確認方法に関する検討

## ■引張試験装置の提案

- 試験装置は、図に示すような装置を用い、油圧ジャッキにより試験体に引張荷重を載荷する。



29

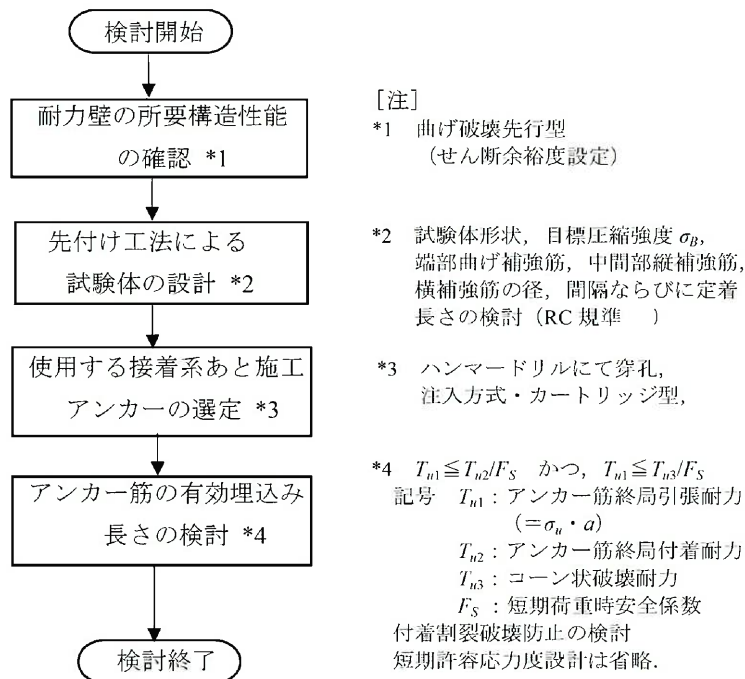
# (2)あと施工アンカーを用いた部材の構造性能確認方法に関する検討

30



## 2-1) 耐力壁の端部(新設開口部)にあと施工アンカーを使用した場合の構造性能確認試験

### 耐力壁試験体の端部曲げ補強筋の設計フロー

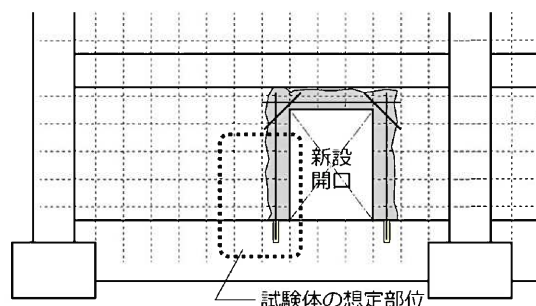


31

## 2-1) 耐力壁の端部(新設開口部)にあと施工アンカーを使用した場合の構造性能確認試験

### 試験体の想定部位

既存耐力壁に新設開口を設け, 基礎梁に定着する端部補強筋にあと施工アンカーを使用する場合を想定



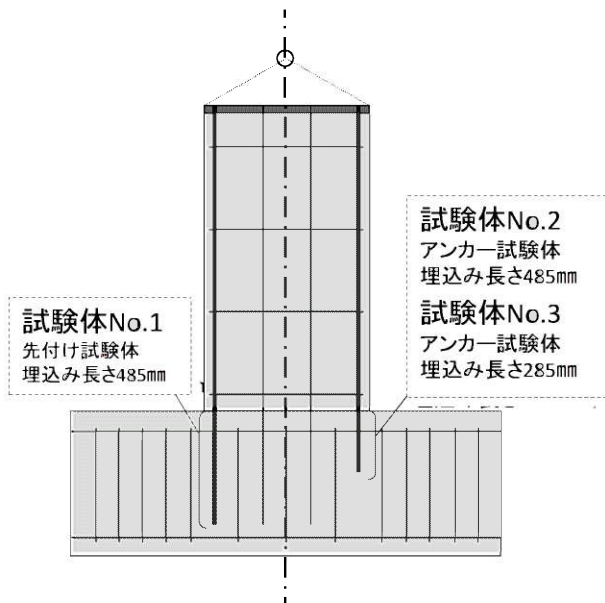
### 埋込み長さの設計

試験体		No.1 (基準)	No.2	No.3
必要長さ	直線定着 (RC 規準)	(3.3.2.10)式 484	—	—
	抜け出し破壊	(3.3.2.1)式	—	85.4
	群効果考慮	(3.3.2.2)式	—	265
埋込み長さ		485	485	265
有効投影面積 $A_e'$ [mm <sup>2</sup> ]		—	335,954	178,812
コーン状破壊耐力 $T_{u2}$ [kN]		—	354	188
耐力余裕度 $T_{u2}/P_{St}$		—	2.06	1.10

32

## 2-1) 耐力壁の端部(新設開口部)にあと施工アンカーを使用した場合の構造性能確認試験

### 試験体形状



試験体の形状

- ・試験体は全3体(No.1～)で、端部補強筋の定着方法をパラメータにしている
- ・各試験体における左右の端部補強筋の定着方法は同じ



試験体の状況写真

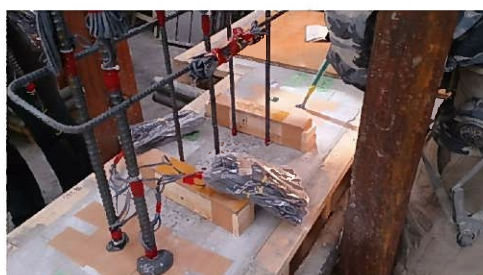
33

## 2-1) 耐力壁の端部(新設開口部)にあと施工アンカーを使用した場合の構造性能確認試験



スランプ:19.5cm, Air:4.5%, CT:17.0°C, AT:15.5°C,  $\sigma_b(3\text{day})=12.0\text{N/mm}^2$  (現場封緘)

(a) スタブコンクリート打設状況



施工状況



φ24のビット

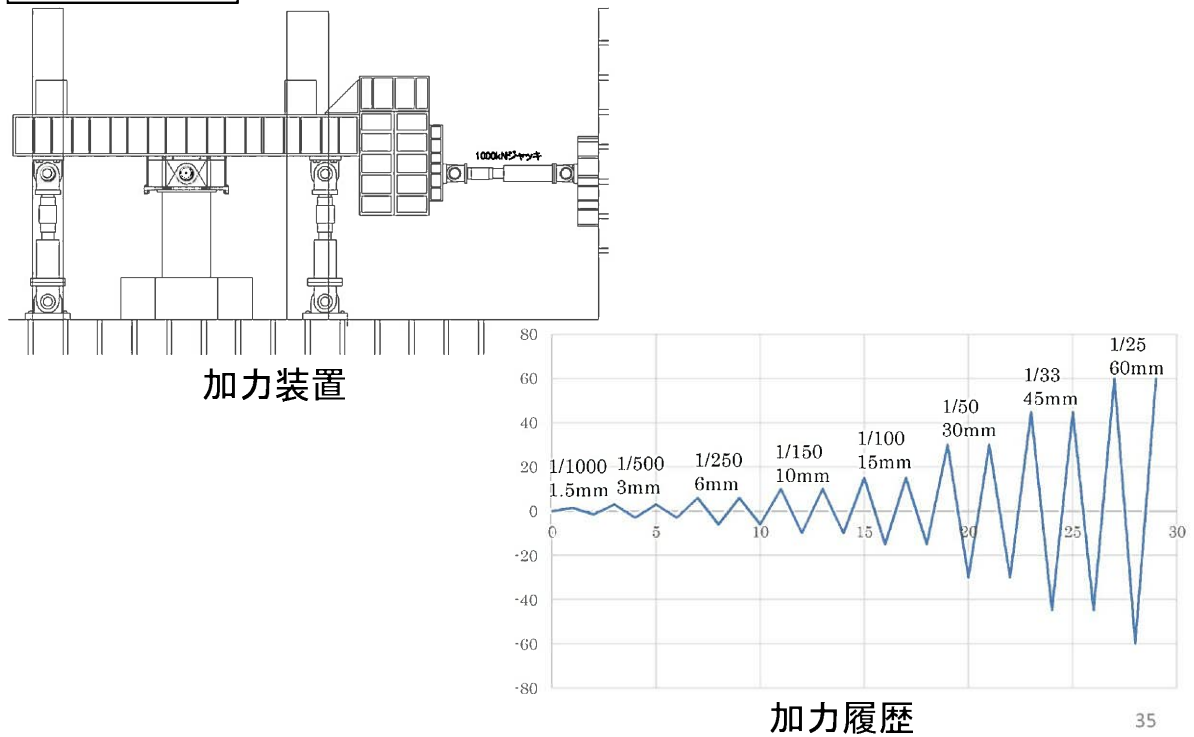
(b) あと施工アンカー施工状況

試験体の製作状況写真

34

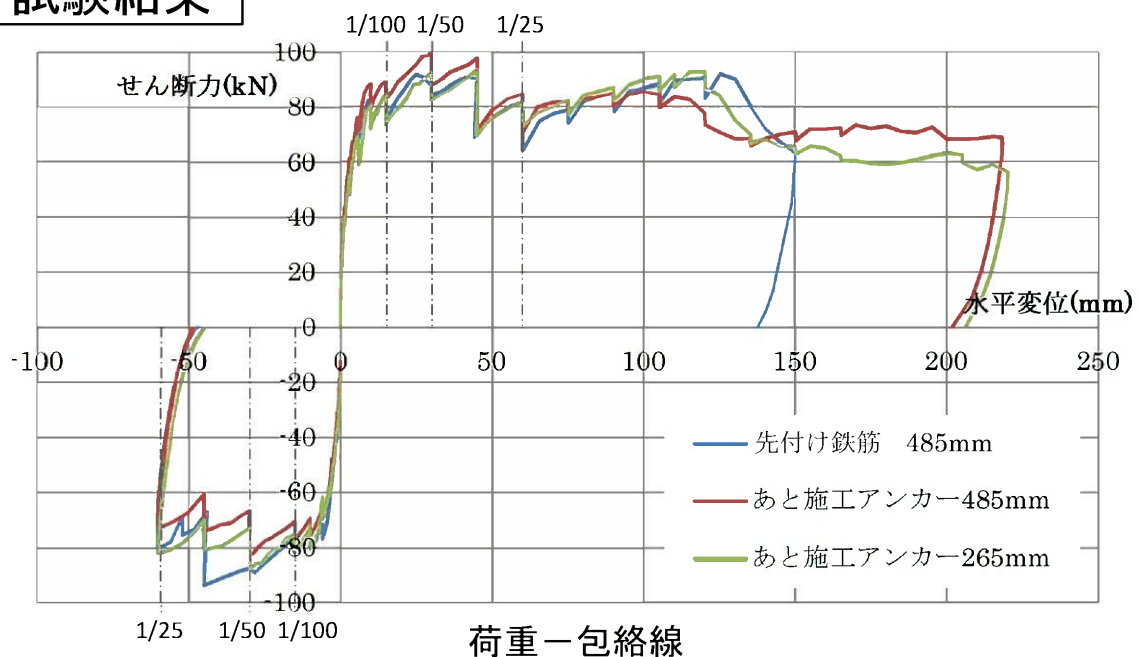
## 2-1) 耐力壁の端部(新設開口部)にあと施工アンカーを使用した場合の構造性能確認試験

### 加力計画



## 2-1) 耐力壁の端部(新設開口部)にあと施工アンカーを使用した場合の構造性能確認試験

### 試験結果



大変形時の履歴エネルギー吸収の点では差が見られるものの、最大耐力および変形性能においてはほぼ同等の結果が得られた。

## 2-1) 耐力壁の端部(新設開口部)にあと施工アンカーを使用した場合の構造性能確認試験

### 試験結果



(a) 基準試験体



(b) 埋込み長さ 485mm



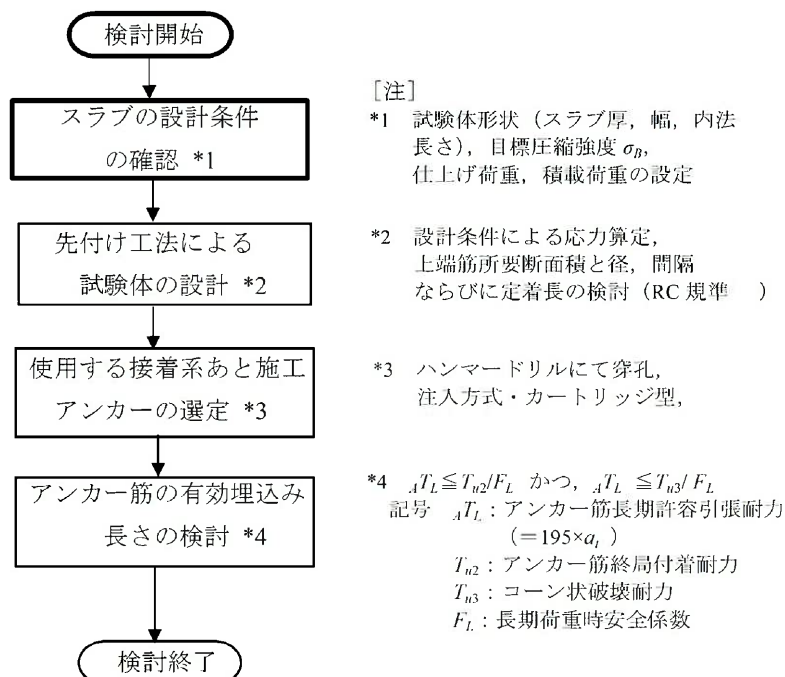
(c) 埋込み長さ 265mm

R=1/50時の試験体状況写真

37

## 2-2) 増設スラブの引張鉄筋にあと施工アンカーを使用した場合の構造性能確認試験

### 増設スラブ試験体の主筋の設計フロー

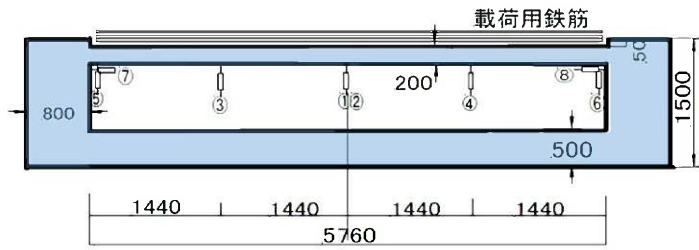


38



## 2-2) 増設スラブの引張鉄筋にあと施工アンカーを用いた場合の構造的な性能確認試験(試験体)

### 試験体形状



両端支持スラブ

#### ■検証項目

【先付け工法試験体と比較を行う】

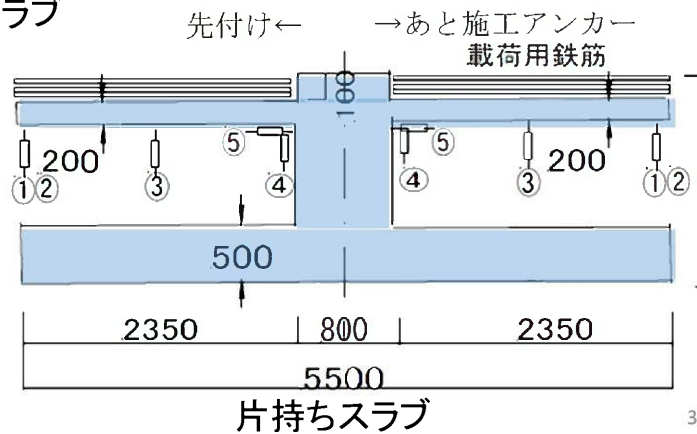
- ・たわみ(長期たわみ増大率)
- ・ひび割れ
- ・鉄筋歪み
- ・乾燥収縮率(別試験体作製)
- ・固有振動数

### 持続的載荷 (実験継続中)

#### ■検証項目

【先付け工法試験体と比較を行う】

- ・たわみ(長期たわみ増大率)
- ・ひび割れ
- ・鉄筋歪み
- ・定着部の破壊性状
- ・終局強度

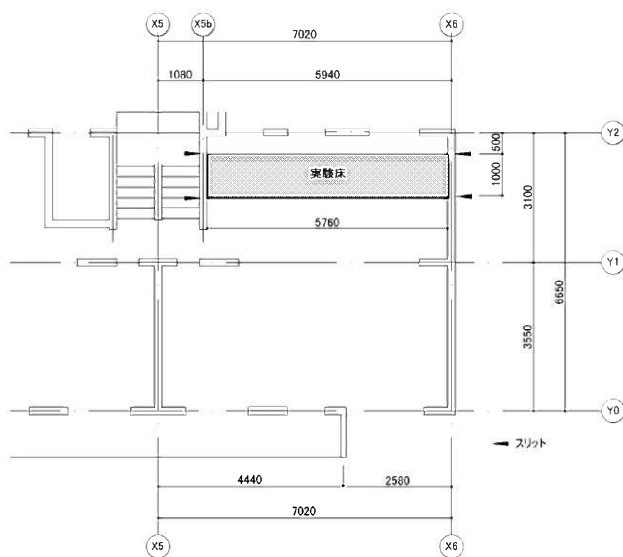


片持ちスラブ

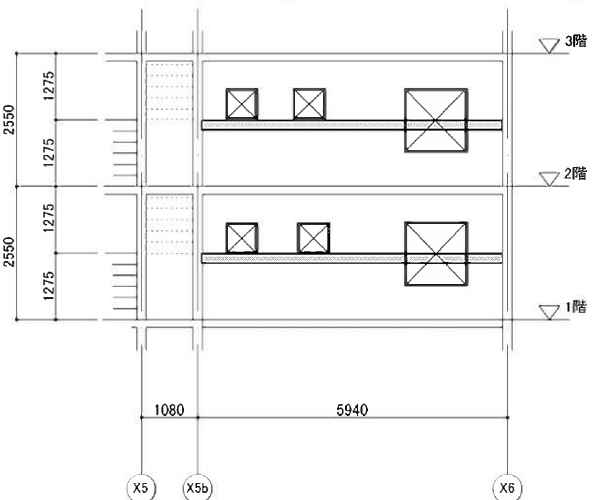
39

## 2-2) 増設スラブの引張鉄筋にあと施工アンカーを使用した場合の構造的な性能確認試験(実建物)

### 試験体形状



### 持続的載荷 (実験継続中)



接着系あと施工アンカー定着試験体(2階201号室)  
標準定着試験体(1階101号室)

#### ■検証項目

【先付け工法試験体と比較を行う】

- ・たわみ(長期たわみ増大率), ・ひび割れ, ・鉄筋歪み, ・乾燥収縮率(別試験体作製)
- ・固有振動数

40

## (2)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

### ■あと施工アンカーを構造部材に使用する場合の分類

- 新築建物および既存建物に対する使われ方を整理し、以下について構造性能確認の一部を検証した。その結果、先付け鉄筋と同じ定着長さであれば、同程度の構造性能となることを確認した。
- また、注入方式アンカーの実施工の可能性を確認した。
  - 1)耐力壁の端部(新設開口部)にあと施工アンカーを使用した場合の構造性能確認試験
  - 2)増設スラブの引張鉄筋にあと施工アンカーを使用した場合の構造性能確認試験

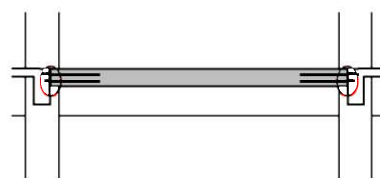
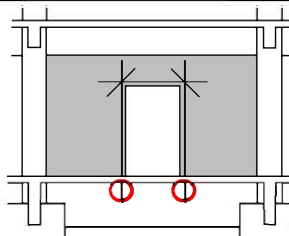
※上記の確認試験は、あと施工アンカーの適用方法に対する設計手法の妥当性を判断するためのものではなく、条件設定や実験手法および結果の検討についての流れを例示するものである。

41

## (2)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

### ■審査項目と性能判定基準の例

使用部材	使用部位	審査項目 (案)	性能判定基準 (案)
RC造 耐力壁	増設耐力壁の縦補強筋および、開口部設置に伴う縦補強筋の周辺部材との接合部分	剛性	先付け工法による場合と同等の剛性を有する。
		接合強度	接合強度が所要の耐力を満たす。 (a) 引張力を負担するアンカー筋 (b) せん断力を負担するアンカー筋
		部材強度	先付け工法による場合と同等の部材強度を有する。
		変形性状	先付け工法による場合と同等の変形性状を有する。
		破壊性状	先付け工法による場合と同等の破壊性状を示す。
		構造規定・接合部詳細	構造規定および接合部詳細が妥当である。
RC造 スラブ	増設スラブの支持部材との接合部分	剛性	先付け工法による場合と同等の剛性を有する。
		接合強度	接合強度が所要の耐力を満たす。 (a) 引張力を負担するアンカー筋 (b) せん断力を負担するアンカー筋
		部材強度	先付け工法による場合と同等の部材強度を有する。
		長期荷重時の変形性状	先付け工法による場合と同等の変形性状を有する。
		変形増大係数	先付け工法による場合と変形増大係数が同等である。
		脱落防止機構	冗長性を有する。
構造規定・接合部詳細	構造規定および構造詳細が妥当である。		



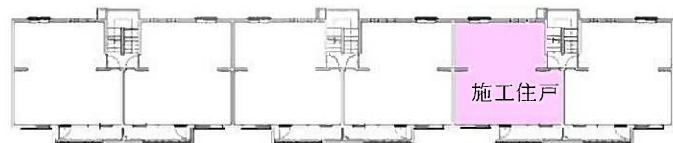
42

# (3)あと施工アンカーの 施工品質管理(監理)に関する検討

## 3-1) 実建物施工における付着性能のばらつき確認試験

### 概要

実建物の構造躯体を対象にして、一人の施工者が施工姿勢(上, 横, 下向き)ごとに注入方式アンカーを各65本施工し, その施工精度等の実態について調査。



対象建物平面図

### 施工要因と水準

施工要因	水準数	施工水準
施工姿勢(部位)	3	上向き(天井), 横向き(壁), 下向き(床)
施工本数	1	施工姿勢毎に各 65 本
アンカー筋種類	1	MK785(規格降伏点 785N/mm <sup>2</sup> )
アンカー筋径	1	D13
アンカー筋先端	1	寸切り
穿孔機械	1	ハンマードリル
穿孔径(ビット径)	1	16 mm
埋込み長さ	1	65 mm(5da)
接着剤	1	有機系エポキシ樹脂
接着剤充填方式	1	注入方式(カートリッジ方式)
施工者(資格)	1	1人(JCAA あと施工アンカー主任技士)

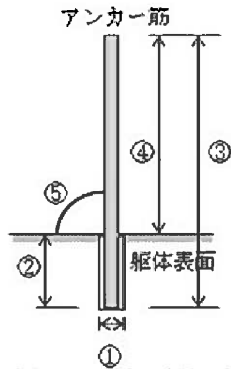


施工状況写真

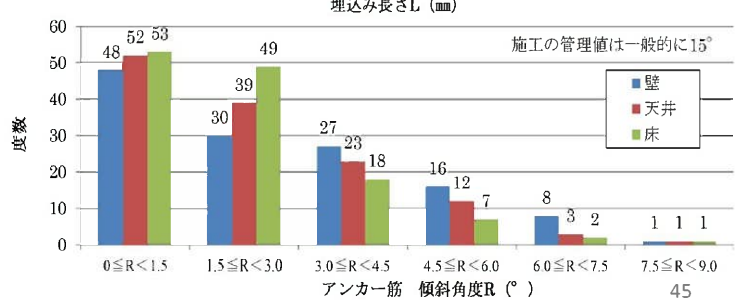
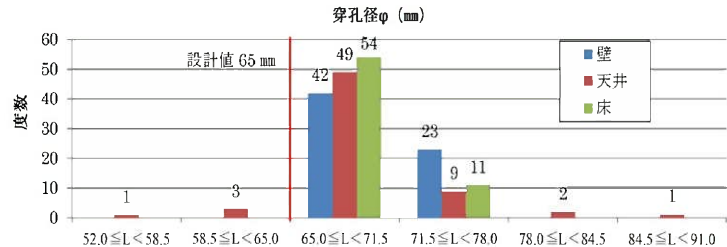
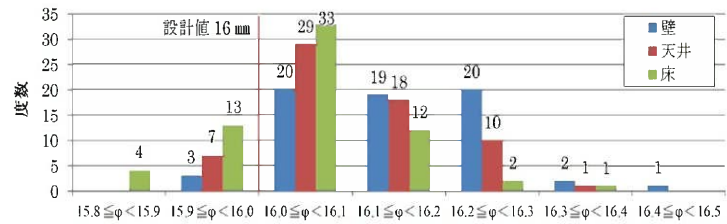


### 3-1) 実建物施工における付着性能のばらつき確認試験

#### 施工精度



時期	項目	確認方法
穿孔後	①穿孔径	内径測定器
	②穿孔深さ	コンベックス
	③アンカー筋全長	コンベックス
固着後	④アンカー筋突出長さ	コンベックス
	⑤アンカー筋傾斜角度	デジタル角度計
	⑥接着剤充填状況	アンカー筋ごとコア採取して割裂

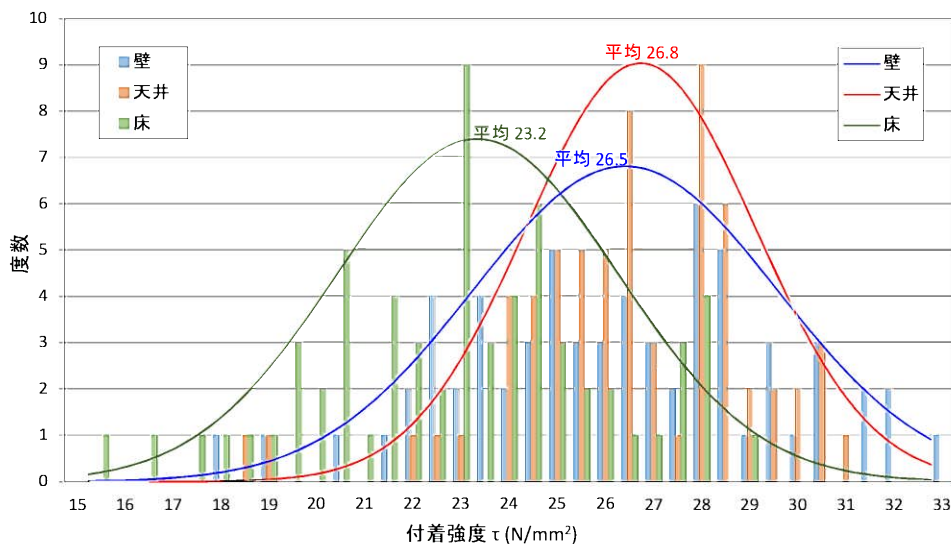


### 3-1) 実建物施工における付着性能のばらつき確認試験

#### 引張試験

- ・施工姿勢の違いが付着強度に与える影響は少ない。
- ・躯体表層部分のコンクリートの施工品質の影響を受ける。
- ・あと施工アンカー単体の試験体施工と比較すると、付着強度は70%~80%程度、変動係数は2倍程度大きい。

部位 (姿勢)	コンクリート強度 $\sigma_n$ (N/mm <sup>2</sup> )	付着強度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> ) (試験体を基準にした比率)		変動係数 (%)
		平均	$\tau / \sqrt{\sigma_n / 21}$	
実建物 壁(横)	42.3	26.5 (0.84)	18.7 (0.75)	12.3
実建物 天井(上)	48.9	26.8 (0.85)	17.6 (0.71)	9.1
実建物 床(下)	42.9	23.2 (0.73)	16.2 (0.65)	12.8
試験体 (上)	33.7	31.5 (1.00)	24.9 (1.00)	5.4



付着強度分布図

## 3-2) あと施工アンカーの施工監理指針の作成に 必要な項目の抽出

建築改修工事施工監理指針 平成25年版  
8章 耐震改修工事 11節 あと施工アンカー工事  
に下記項目を加える。

### ■対象とするあと施工アンカーの種類

- ・接着系あと施工アンカーの注入方式を採用

### ■適用範囲の拡大に伴う事項

- ・現場での製品の確認方法の整備
- ・現場での施工管理(監理)上の確認事項の整備
- ・施工者の技量確認方法の整備
- ・樹脂の密充填を確認する試験方法の例示
- ・アンカー筋の拔出し防止方法の例示

47

## 3-2) あと施工アンカーの施工監理指針の作成に 必要な項目の抽出

### 注入方式の施工手順・要領

- (1) 準備
  - ① 墨出し確認 ② 工具・ドリルの確認 ③ 樹脂の仕様・状態確認
- (2) 穿孔
  - ① ドリルへのマーキング ② コンクリート穿孔
- (3) 孔内清掃
 

集塵機で切粉除去 → 孔内壁面のブラシがけ → 集塵機で切粉除去
- (4) 穿孔深さ確認
 

穿孔深さが規定通りの深さであることを確認
- (5) 樹脂注入
  - ① 樹脂注入チューブにマーキング ② 注入チューブのマーキング位置が所定の位置に達するまで、樹脂を孔底より一定の速度で注入
- (6) アンカー筋の固着
  - ① 余分な空気が入らないようにアンカー筋を手でゆっくり埋め込む
  - ② 樹脂が孔口より溢れ出ていることを確認
- (7) 硬化養生
  - ① 所定の硬化時間はアンカー筋を動かさないように養生する
  - ② 上向き施工の場合は、くさびやゴムバンド等を用いて位置固定及び落下防止を行う。また樹脂ダレ防止のキャップ等を装着する

### 管理(監理)項目

工事名称		現場責任者		施工年月日	
免状番号		現場責任者		施工年月日	
現場住所		現場責任者		施工年月日	
施工業者名		現場責任者		施工年月日	
施工者氏名		現場責任者		施工年月日	
施工場所		現場責任者		施工年月日	
アンカー筋		カートリッジ			
サイズ	製造者名	商品名	有効樹脂量		
種類	内容量	有効樹脂量	有効樹脂量		
材質・規格	穿孔径	穿孔径	穿孔径		
先端形状	寸切り	ロット番号	有効期限		
片面カット / 両面カット		施工確認			
電気差圧計		穿孔機	ハンマドリル / アイソナドリル / 磨盤機		
深さ差圧計		清掃機	専用ブラッシング機 / タワ / タワ / 高圧機		
エネキコマーキング / 他		ブラシ径	φ mm	ブラシ有効長	mm
チューブ径	内径: φ mm	先端φ径	φ mm	-	-
チューブ長	ブラシ先端まで mm	注入樹脂量	ml / 本	施工本数	本 / 1ヶ所
作業本数 (サイズ・埋込み長・本数)					
番号	項目	確認事項	現場施工者	現場責任者	備考 / 補償
1	穿孔位置	目視: 所定の位置に施工			
2	使用ドリル径	作業開始前: メーカー指定のサイズ			国内製 / 海外製
3	マーキング位置	作業開始前: 所定の長さマーキング			適宜確認、修正
4	穿孔径	全数スケール等で確認			全数写真記録
5	穿孔角度	目視: 施工面に対して直角か			傾き: 最大 15度以内
6	孔内清掃	全数: 十分に行われているか			
7	孔内の状態	全数: 乾燥 / 湿気 / 塵埃			
8	マーキング位置	全数: テープ等で明確に行ったか			
9	底でショット	全数: ミキシングノズル取付けごとに行ったか			1ヶ所 / 回数、量
10	樹脂注入	全数: 孔底から所定の樹脂量を注入したか			注入マーキング確認
11	アンカー筋埋込み	手で押しながらゆっくり埋め込む			
12	硬化養生	全数: マーキングとコンクリートの一致			マーキング目視確認
13	清掃	全数: 樹脂が孔口まで充填			
14	養生	全数: 余剰樹脂の除去			
15	固定(上向き)	全数: 脱落防止措置を行う			
16	硬化養生	全数: メーカー指定の時間以上			
17	自主検査	全数: 目視・排気圧確認			

## 3-2) あと施工アンカーの施工監理指針の作成に 必要な項目の抽出

### 樹脂の密充填を確認する施工前確認試験の提案

注入方式あと施工アンカーは、特に樹脂の密実な充填が重要であり、樹脂の充填確認の試験をアンカー施工者に施工前に課し、施工品質を確保することを提案する

#### 【方法】

- ・実際に施工する埋込み長さの亚克力製の筒に横向きにアンカーを施工する。
- ・施工者には充填中の亚克力の内容が見えないようにする。
- ・工事監理者は充填状況の確認の様子として、注入チューブの先端部がスムーズに移動すること、樹脂の間に空隙がないこと、所定の位置までマーキングが到達していることなどを確認する。



49

## 成果のまとめ

50

## 成果のまとめ

あと施工アンカーを構造部材に適用する場合に必要な項目として、1)使用基準、2)性能判定基準、3)施工品質を確保する方法を挙げ、それぞれ必要な検討事項をまとめた。

- 使用基準における確認項目案および確認のために必要となる試験方法を提案した。
- あと施工アンカーを使用した部材の構造実験を行い、構造性能評価のための部材実験における性能確認項目の例や留意点を明らかにし、構造性能を確認する手法例を明示した。
- 実建物における試験施工に基づき、注入方式あと施工アンカーの施工品質管理(監理)に関わる必要事項を明示した。

51

## 今後の検討事項

52

# 今後の検討事項

## あと施工アンカー及びあと施工アンカー使用部材の長期的性状の評価

- ・あと施工アンカー単体のクリープ性状の評価方法の検討と検証  
(アンカー筋の種類, 載荷荷重レベル)
- ・温度による長期的な影響(60°C程度)の評価
- ・スラブ部材実験のデータ分析
- ・長期許容応力度の設定に資する技術資料の収集

## 注入方式あと施工アンカーの製品・施工品質確保のための方法検討

- ・樹脂単体の品質基準
- ・あと施工アンカーの施工監理指針の作成に必要な技術資料の収集と例示