

第4章

接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造性能確認試験

4-1 使用方法と安全率の設定

4-1-1 使用方法の分類

接着系あと施工アンカーを建築物の構造部材に使用する場合、建築物としては新築建築物と既存建築物に大別することができる。

新築建築物の構造部材に接着系あと施工アンカーを使用することが想定される構造部材として、表 4.1.1.1 が考えられる。なお、表 4.1.1.1 においては、鉄筋コンクリート（以下、RC と略記）造や鉄骨鉄筋コンクリート（以下、SRC と略記）の柱、梁、耐力壁等の主筋の定着や、鉄骨造建築物本体の柱脚のアンカーボルトに使用することは想定していないことから、除外している。

表 4.1.1.1 接着系あと施工アンカーの使用が想定される新築建築物の構造部材の例

建築物の構造種別	使用部材	アンカー筋の使用目的	関連法令・告示
RC 造, SRC 造	S 造階段,	本体建築物との一体化（定着筋）,	平 12 建告第 1450 号
		RC 造基礎との一体化（アンカーボルト）	令第 66 条, 平 19 国交告第 1229 号
	PCaRC 造階段	本体建築物との一体化（定着筋）,	平 12 建告第 1450 号
		RC 造基礎との一体化（定着筋）	平 12 建告第 1450 号
S 造	S 造階段等の最下階柱脚	RC 基礎との一体化（アンカーボルト）	令第 66 条, 平 19 国交告第 1229 号
木 造	土台, 筋かい, 構造耐力上必要な軸組等	RC 基礎との一体化（アンカーボルト）	令第 42 条, 令第 45 条, 令第 46 条, 平 13 国交告第 1540 号

[注] RC 造：鉄筋コンクリート造，SRC 造：鉄骨鉄筋コンクリート造，S 造：鉄骨造
PCaRC 造：プレキャスト鉄筋コンクリート造

他方、既存建築物の構造部材に接着系あと施工アンカーを使用することが想定される構造部材として、表 4.1.1.2 が考えられる。

表 4.1.1.1 および表 4.1.1.2 に記載の使用部材に接着系あと施工アンカーを用いる場合、あと施工アンカー筋に生じる長期荷重時、短期荷重時ならびに終局時の応力（引張力、せん断力）を算定し、アンカー筋に要求される所要の性能を有していることを確認する必要がある。その際には、各応力に対するアンカー筋の長期許容応力度、短期許容応力度ならびに材料強度が必要とされる。

また、繰返し荷重を受ける場合には、強度のほかにも所要の変形性能も必要となる。したがって、あと施工アンカーを構造部材の主筋やアンカーボルト等の代わりに用いる場合には、原則として構造実験を実施し、構造部材に要求される性能（強度、変形性能等）を有していることを確認する必要がある。

なお、あと施工アンカー筋の埋込み長さを、異形鉄筋を使用する場合の所要定着長さ以上確保する場合には構造実験は不要と考えるが、所要の施工品質が確保されるかの確認は必要と考える。

表 4.1.1.2 接着系あと施工アンカーの使用が想定される既存建築物の構造部材の例

建築物の構造種別	使用部材	アンカー筋の使用目的	関連法令・告示	
RC 造, SRC 造	耐力壁	新設耐力壁や開口部設置に伴う縦補強筋, 横補強筋の周辺部材への定着	令第 78 条の 2 第四号 平 12 建告第 1450 号	
	スラブ	増設スラブ主筋, 配力筋の周辺部材への定着	令第 77 条の 2 第 2 項第一号 平 12 建告第 1450 号	
	柱	増設柱主筋の定着, 既存柱との一体化	平 12 建告第 1450 号	
	梁 (基礎梁含む)	増設梁主筋の定着, 既存梁との一体化	令第 73 条, 平 23 国交告第 432 号	
	階 段	RC 造階段	RC 造新設階段スラブ主筋, 配力筋の定着	令第 77 条の 2 第 2 項第一号 平 12 建告第 1450 号
		S 造階段,	RC 造基礎との一体化 (アンカーボルト)	令第 66 条, 平 19 国交告第 1229 号,
			既存建物との一体化	平 12 建告第 1450 号
	PCaRC 造階段	RC 造基礎との一体化 (主筋の定着) 既存建物との一体化 (定着筋)	平 12 建告第 1450 号	
	EV 棟	S 造 EV 棟	RC 造基礎との一体化 (アンカーボルト),	令第 66 条, 平 19 国交告第 1229 号,
			既存建物との一体化	平 12 建告第 1450 号
RC 造 EV 棟, PCaRC 造 EV 棟		RC 造基礎との一体化 (主筋の定着) 既存建物との一体化 (定着筋)	平 12 建告第 1450 号	

[注] RC 造：鉄筋コンクリート造，SRC 造：鉄骨鉄筋コンクリート造，S 造：鉄骨造
PCaRC 造：プレキャスト鉄筋コンクリート造，EV：エレベーター

4-1-2 安全率の考え方

接着系あと施工アンカーによるアンカー筋の引張およびせん断に対する許容応力度（終局引張耐力および終局せん断耐力に対する安全率）は、アンカー筋を用いた部材の各荷重時（長期荷重時、短期荷重時）の構造性能（ひび割れ状況、変形性状等）が、法令・告示等に基づいて所要の定着長さ以上が確保された先付け鉄筋（法令、告示等に基づく所要定着長さ以上を有する鉄筋をいい、以下同様とする）を用いた構造部材と同等の構造性能を有するように設定する必要がある。

主として長期荷重を負担するスラブにおいては、一定応力を受ける場合のクリープ変形が殆ど増大しないよう安全率を定める必要がある。また、長期荷重の他に地震力等の荷重による応力が作用する構造部材にあつては、短期荷重時における変形やひび割れ発生状況が先付け鉄筋を用いた構造部材と同程度以下となるよう安全率を設定する必要があると考える。

平成 27 年度の部材実験として、表 4.1.1.2 に記載の耐力壁とスラブを選定し、以下の安全率を設定して試験体における接着系あと施工アンカーのアンカー筋の設計を行った。まず、接着系あと施工アンカーの材料強度として、文献^{4.1)}を参考に表 4.1.1.3 のように設定した。

表 4.1.1.3 接着系あと施工アンカーの材料強度

種類		材料強度 (N/mm ²)	
		引張 F_t	せん断 F_s
断面の位置			
アンカー筋の断面		σ_y	$0.7\sigma_y, 0.4\sqrt{E_c \cdot \sigma_B}$ または, 294 のうち, いずれか小さい数値
コーン破壊を生ずるコンクリートの断面		$0.23\sqrt{\sigma_B}$	—
付着破壊を生ずる コンクリートの断面	(仮) A 級	$15\sqrt{\frac{\sigma_B}{21}}$	—
	(仮) B 級	$10\sqrt{\frac{\sigma_B}{21}}$	—

【記号】 σ_y : アンカー筋の規格降伏点 (N/mm²)

σ_B : アンカー筋を埋込むコンクリートの圧縮強度 (N/mm²)

E_c : アンカー筋を埋込むコンクリートのヤング係数 (N/mm²)

(1) 耐力壁試験体の安全率の設定

耐力壁試験体は、既存建築物の耐力壁に出入り口開口を設ける場合の開口際の端部曲げ補強筋の周辺部材への定着に接着系あと施工アンカーを用いる場合を想定したものである。

水平荷重時に先付け鉄筋を用いた試験体の強度、変形性能と同等であることを確認することとし、下記の設計方針とした。

- ・短期荷重時相当の水平荷重時：端部曲げ補強筋に生じる引張応力度が短期許容引張応力度相当時において、変形やコンクリートのひび割れ状況が同程度である。
- ・最大耐力時：試験体の最大耐力および荷重載荷終了時までの荷重～変形関係が同等であるとともに、最終破壊形式も同様である。

アンカー筋のコンクリートへの有効埋込み長さは、下記を満たす数値以上とした。なお、アンカー筋のせん断力に対する検討、および短期荷重時の引張力に対する検討は、先付け鉄筋を用いた試験体と同様に行っていない。詳細は、4.3節を参照されたい。

1) コーン状破壊防止のための設計方針

試験体のアンカー筋のコーン状破壊を防止するため、次式を満たすこととした。詳細は、4-3-2-2項を参照されたい。

$$T_u \leq 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot A_c' / \alpha_1$$

(4.1.2.1)式

記号 T_u : 端部曲げ補強筋の終局引張耐力 (N) で、次式による。

$$T_u = a_t \cdot \sigma_y \cdot n \tag{4.1.2.2)式}$$

a_t : 端部曲げ補強筋 1 本あたりの公称断面積 (mm²)

σ_y : 端部曲げ補強筋の降伏点強度 (N/mm²)

n : 端部曲げ補強筋の本数 (耐力壁試験体の場合, $n=2$)

σ_B : アンカー筋埋込み部のコンクリートの圧縮強度 (N/mm²)

A_c' : コーン状破壊面の重なりを考慮した有効水平投影面積 (mm²)

α_1 : コーン状破壊防止のための安全率で, 1.2 とした。

2) 付着破壊防止のための設計方針

試験体のアンカー筋の付着破壊を防止するため, 次式を満たすこととした。詳細は, 4-3-2-2 項を参照されたい。

$$T_u \leq \tau_{fu} \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_e / \alpha_2$$

(4.1.2.3)式

記号 T_u : 端部曲げ補強筋 1 本あたりの終局引張耐力 (N) で, 次式による。

$$T_u = a_t \cdot \sigma_y \tag{4.1.2.4}式$$

a_t : 端部曲げ補強筋 1 本あたりの公称断面積 (mm²)

σ_y : 端部曲げ補強筋の降伏点強度 (N/mm²)

τ_{fu} : 接着系あと施工アンカーの付着強度 (N/mm²) で, 次式を用いた。

$$\tau_{fu} = 15 \sqrt{\frac{\sigma_B}{21}} \tag{4.1.2.5}式$$

σ_B : アンカー筋埋込み部のコンクリートの圧縮強度 (N/mm²)

d_a : アンカー筋の呼び名 (mm)

l_e : アンカー筋の有効埋込み長さ (mm)

α_2 : 付着破壊を防止するための安全率で, 1.2 とした。

(2) スラブ試験体の安全率の設定

スラブ試験体は, 既存建築物の吹抜け部分等にスラブを増設する場合の主筋の周辺部材への定着に接着系あと施工アンカーを用いる場合を想定した 2 辺固定の一方向スラブと, 片持ちスラブの 2 タイプである。

アンカー筋を用いたスラブに対しては, 長期荷重時に先付け鉄筋を用いた試験体と同等の変形性状および, ひび割れ性状であることを確認することとし, 下記の設計方針とした。

- ・長期荷重時相当の長期載荷時: 変形性状, ひび割れ性状, 鉄筋ひずみ, 端部固定度, 長期たわみ増大率, 振動数等が先付け鉄筋使用の試験体と同程度である。
- ・長期載荷後の荷重載荷時: 最大耐力および荷重載荷終了時までの荷重～変形関係, 最終破壊状況が先付け鉄筋使用の試験体と同等である (片持ちスラブ)。

アンカー筋のコンクリートへの有効埋込み長さは, 下記を満たす数値以上とした。なお, アンカー筋のせん断力に対する検討, および短期荷重時の引張力に対する検討は, 先付け鉄筋を用いた試験体と同様に行っていない。詳細は, 4.4 節, 4.5 節を参照されたい。

1) 長期荷重時におけるコーン状ひび割れ防止のための設計方針

スラブ試験体のアンカー筋周囲のコーン状ひび割れの発生を防止するため, 次式を満たすこととした。

$${}_A T_L \leq 0.23 \sqrt{\sigma_B} \cdot A_c / F_L \tag{4.1.2.6}式$$

記号 ${}_A T_L$: アンカー筋 1 本あたりの長期許容引張耐力 (N) で, 次式による。

$${}_A T_L = a_t \cdot l f_t$$

(4.1.2.7)式

- a_t : アンカー筋 1 本あたりの公称断面積 (mm²)
- lf_t : 同上鉄筋の長期許容引張応力度 (N/mm²)
- σ_B : アンカー筋埋込み部のコンクリートの圧縮強度 (N/mm²)
- A_c : コーン状破壊面の有効水平投影面積 (mm²)
- F_L : 長期荷重時に対する安全係数

2) 長期荷重時におけるアンカー筋周囲の付着割裂ひび割れ発生防止およびクリープ変形増大のための設計方針

試験体のアンカー筋周囲の付着割裂ひび割れ発生を防止するため、次式を満たすこととした。詳細は、4.4節、4.5節を参照されたい。

$${}_A T_L \leq \tau_{fu} \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_e / F_L \quad (4.1.2.8) \text{式}$$

記号 ${}_A T_L$: アンカー筋 1 本あたりの長期許容引張耐力 (N) で、(4.1.2.7)式による。

τ_{fu} : 接着系あと施工アンカーの付着強度 (N/mm²) で、(4.1.2.5)式を用いた。

d_a : アンカー筋の呼び名 (mm)

l_e : アンカー筋の有効埋込み長さ (mm)

F_L : 長期荷重時に対する安全係数

4-2 設計の基本的な考え方・設計フロー

4-2-1 設計の基本的な考え方

接着系あと施工アンカーにより母材に埋込まれたアンカー筋の設計は、アンカー筋を使用する構造部材の各荷重および外力下での応力や変形を算定し、先付け鉄筋を用いた場合の当該構造部材に必要とされる構造性能と同等の構造性能を付与することである。

接着系あと施工アンカーを構造部材の主筋の定着やアンカーボルトに使用する場合、アンカー筋の耐力に比して付着耐力やコーン状破壊耐力が十分に上回っていることが基本である。

設計に際しては、下記の項目を検討の上、進めることが必要である。

- (a) 使用する接着系あと施工アンカーにおける接着剤の性能確認
- (b) 構造部材への接着系あと施工アンカーの適用の可否
- (c) 接着系あと施工アンカーを使用する構造部材の各荷重時の要求性能の検討
- (d) 接着系あと施工アンカーの設計
- (e) 構造性能確認実験（原則）

以下に、平成27年度に実施した部材の性能確認試験における試験体の設計フローを記載する。

4-2-2 試験体の設計フロー

- (1) 耐力壁試験体の端部曲げ補強筋に使用する接着系あと施工アンカーの設計フロー

図4.2.2.1に、耐力壁試験体における接着系あと施工アンカーの検討フローを示す。

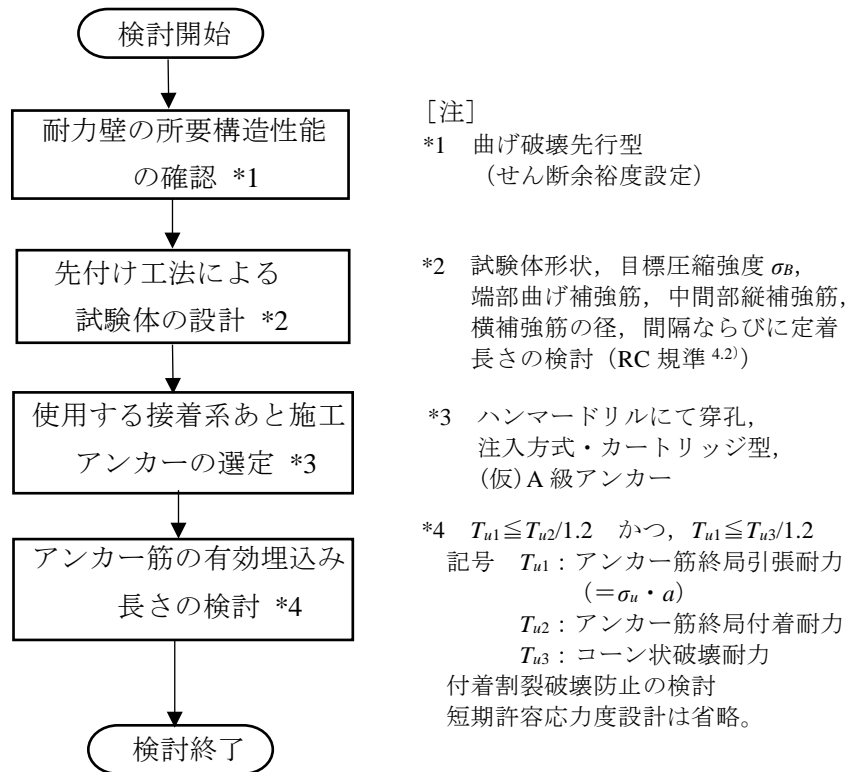


図4.2.2.1 耐力壁試験体における接着系あと施工アンカーの検討フロー

(2) 増設スラブの主筋に使用する接着系あと施工アンカーおよびアンカー筋の設計フロー

図4.2.2.2に、増設スラブ試験体における接着系あと施工アンカーの検討フローを示す。増設スラブには主として長期荷重が作用することから、長期許容応力度設計を行う。

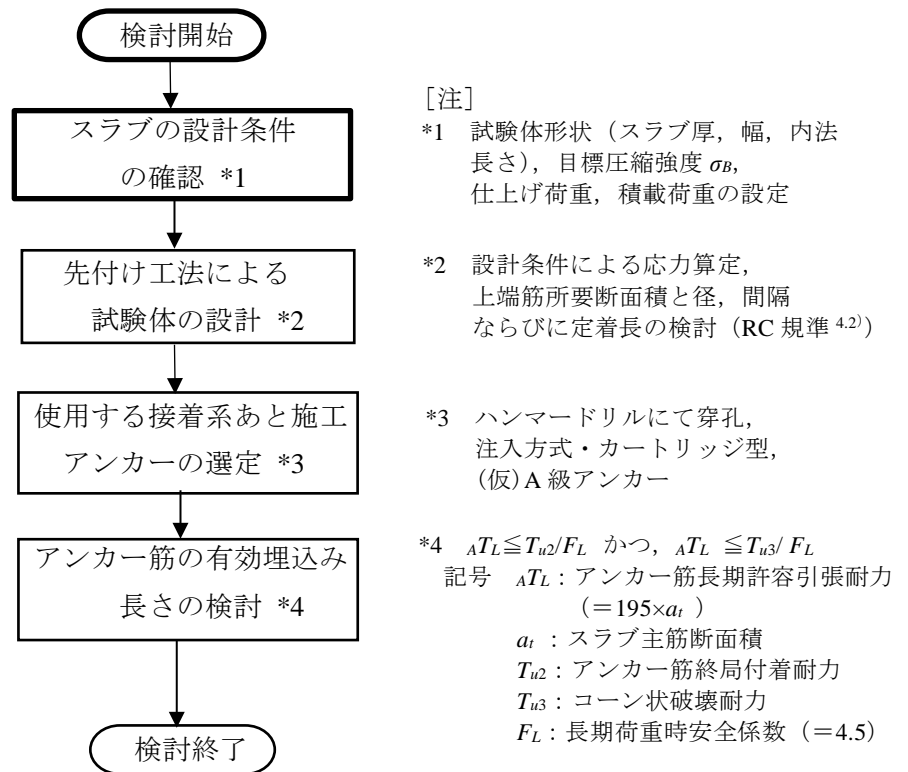


図4.2.2.2 増設スラブ試験体における接着系あと施工アンカーの検討フロー

4-3 耐力壁の構造性能確認試験

本節では、あと施工アンカーを用いた部材の構造性能確認試験について述べる。

4-3-1 実験の主旨・概要

あと施工アンカーの引張材としての性能を検証することを目的とし、曲げ抵抗する RC 部材の主筋として用いる場合を想定する。具体的には、既存耐力壁に新たに開口を設け、縦に配筋する補強筋を床梁に定着するための用途を想定したあと施工アンカーの構造性能検証として静的構造実験を行う。想定する部位の模式図を図 4.3.1.1 に示す。

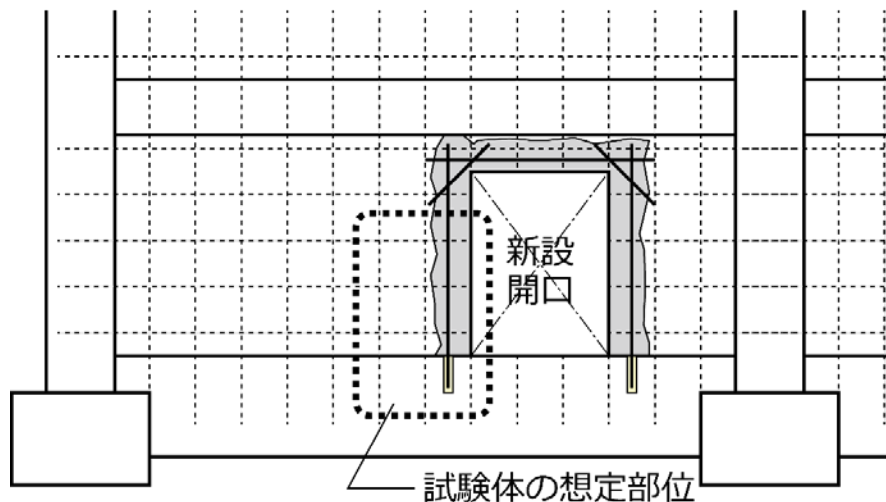


図 4.3.1.1 試験体の想定部位

4-3-2 実験計画

4-3-2-1 計画方針

本実験の計画方針は以下とする。

- ・基準試験体は、RC 規準^{4.2)}の定着長さを満足する先付け工法試験体とする。
- ・あと施工アンカーを用いた試験体は、埋込み長さを変数とした2体とし、1体は比較用の基準試験体と同じとし、他の1体を設計方針に基づいたものとする。
- ・部材は、曲げ降伏先行型とし、定着された主筋が引張降伏するものとする。靱性能を確認することは主目的ではないが、曲げ降伏後にせん断破壊する破壊モードを想定する。
- ・スタブは、試験部分の脚部については一部の幅を小さくし、鉄筋定着部分の拘束がやや小さい状況を再現するとともに、基礎梁を想定した配筋方法とする。(梁主筋およびあばら筋を配するのみとする。)

4-3-2-2 試験体の設計

主筋の埋込み長さは以下の考え方に基づいて決定した。すなわち、(1)、(2)に基づき、埋込み長さを定める。定めた埋込み長さに対して、(3)によりコーン状破壊が生じないことを確認する。決定した各試験体の埋込み長さを表 4.3.2.1 に示す。No.2 は、基準試験体 No.1 と同じ埋込み長さとしたあと施工アンカー試験体である。

表 4.3.2.1 各試験体の埋込み長さの設計 単位 [mm]

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 $A_{c'}$ [mm ²]		—	335,954	178,812
コーン状破壊耐力 T_{a2} [kN]		—	354	188
耐力余裕度 T_{a2}/P_{st}		—	2.06	1.10

・あと施工アンカー試験体

(1) 抜出しの防止

$$l_a \geq \frac{a_{st} \cdot \sigma_u}{\tau_a \cdot \phi} \dots\dots\dots (4.3.2.1)式$$

ここで、 l_a : アンカー筋埋込み長さ[mm], a_{st} : アンカー筋断面積[mm²], σ_u : アンカー筋の上限強度 (SD345 においては 1.25×345 [N/mm²] とする), τ_a : 接着系 (注入方式) あと施工アンカーの付着強度 (20 [N/mm²] とする), ϕ : あと施工アンカーの周長 (アンカー筋周長) [mm]

(2) 群効果を考慮した設計 (各種合成構造設計指針 2010^{4.3)})

$$P_a \geq P_{st} \dots\dots\dots (4.3.2.2)式$$

ここで、 P_a : 群効果等を考慮した耐力[N], P_{st} : アンカー筋の上限強度による引張耐力[N],

$$P_a = \phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_e \dots\dots\dots (4.3.2.3)式$$

$$\tau_a = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \tau_{b,avg} \dots\dots\dots (4.3.2.4)式$$

ここで、 $\alpha_n (n=1,2,3)$: へりあきおよびアンカー筋のピッチによる付着強度の低減係数

$$\alpha_n = 0.5 \left(\frac{c_n}{l_e} \right) + 0.5 \dots\dots\dots (4.3.2.5)式$$

ここで、 c_n : へりあき寸法またはアンカー筋のピッチ a_n の 1/2 ($c_n = a_n/2$)。

また、 $c_n/l_e \geq 1.0$ の時は $c_n/l_e = 1.0$, $l_e \geq 10d_a$ の時は $l_e = 10d_a$ とする。

$$P_{st} = a_{st} \cdot \sigma_u \dots\dots\dots (4.3.2.6)式$$

ここで、 σ_u : アンカー筋の上限強度 [N/mm²]

なお、本試験体の場合、計算結果は以下となる。

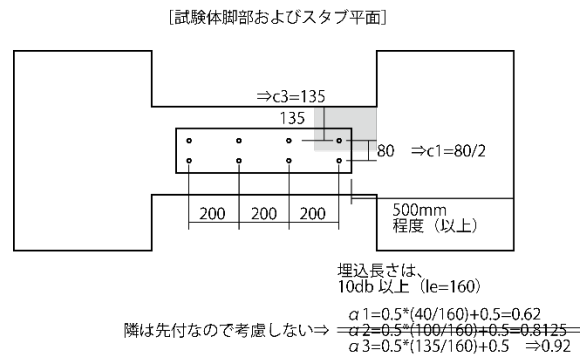
	ゲージ	へりあき
a_n	80	—
c_n	80/2=40	135
α_n	$0.5(40/160)+0.5=0.625$	$0.5(135/160)+0.5 => 0.922$

$$\begin{aligned} \tau_a &= \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \tau_{b,avg} \\ &= 0.625 \cdot 1 \cdot 0.922 \cdot 20 = 11.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_e &= \frac{P_a}{\phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d_a} \geq \frac{P_{st}}{\phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d_a} = \frac{a_{st} \cdot \sigma_u}{\phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d_a} \\ &= \frac{199 \cdot 345 \cdot 1.25}{2/3 \cdot 11.5 \cdot 16\pi} = 223\text{mm} \end{aligned}$$

ゲージを貼付する影響等を考慮し(養生 20mm×2か所), 埋込み長さを 265mm とする。

なお, ピッチ 200mm の影響を加えると $l_e=274\text{mm}$ となるがここでは考慮しない。



(3) コーン状破壊の防止 (各種合成構造設計指針 2010 または耐震改修設計指針 4.4)

計画する埋込み長さに対して, コーン状破壊により決まる破壊強度を求め, アンカー筋の上限強度による引張力を上回ることを確認する。

$$T_{a2} \geq P_{st} \dots \dots \dots (4.3.2.7) \text{式}$$

$$T_{a2} = 0.23 \sqrt{\sigma_B} \cdot A_C' \dots \dots \dots (4.3.2.8) \text{式}$$

ここで, T_{a2} : 耐震改修指針による引張耐力

A_C' : コーン状破壊面の有効水平投影面積 (重なりを考慮する図 4.3.2.1(a))

・基準試験体 (先付け鉄筋)

先付け工法による試験体は, RC 規準に従い直線定着長さを設計する。

$$l_{ab} = \alpha \cdot \frac{S \cdot \sigma_t \cdot d_b}{10 \cdot f_b} \dots \dots \dots (4.3.2.9) \text{式}$$

ここで, l_{ab} : 定着長さ[mm], α : コア内定着のため 1.0, S : 修正係数 (耐震部材につき 1.25), σ_t : 鉄筋の短期許容応力度[N/mm²], d_b : 鉄筋径[mm], f_b : 付着割裂の基準となる強度

$$f_b = \frac{F_c}{40} + 0.9 \dots \dots \dots (4.3.2.10) \text{式}$$

ここで, F_c : コンクリートの設計基準強度[N/mm²]

4-3-2-3 計算例

本試験体の設計は前項に従って行ったが, ここでは, 4-1 節に示す設計方針に基づいた場合の計算例を示す。

1) コーン状破壊防止のための設計

$$Tu \leq 0.23 \sqrt{\sigma_B} \cdot A_C' / \alpha_1$$

$$A_C' = 178,812\text{mm}^2 \quad (\text{図 4.3.2.1(b)参照})$$

$$Tu = a_t \cdot \sigma_y \cdot n = 199 \cdot 345 \cdot 2 = 137,310 \quad [N]$$

$$0.23 \sqrt{\sigma_B} \cdot A_C' / \alpha_1 = 0.23 \sqrt{21} \cdot 178812 / 1.2 = 157,055 > 137,310 (= Tu) \dots \dots \text{OK.}$$

2) 付着破壊防止のための設計

$$Tu \leq \tau_{fu} \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_e / \alpha_2$$

$$Tu = a_t \cdot \sigma_y = 199 \cdot 345 = 68,655 \text{ [N]}$$

$$\tau_{fu} \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_e / \alpha_2 = 15 \cdot \pi \cdot 16 \cdot 265 / 1.2 = 166,420 > 68,655 (= Tu) \dots \text{OK.}$$

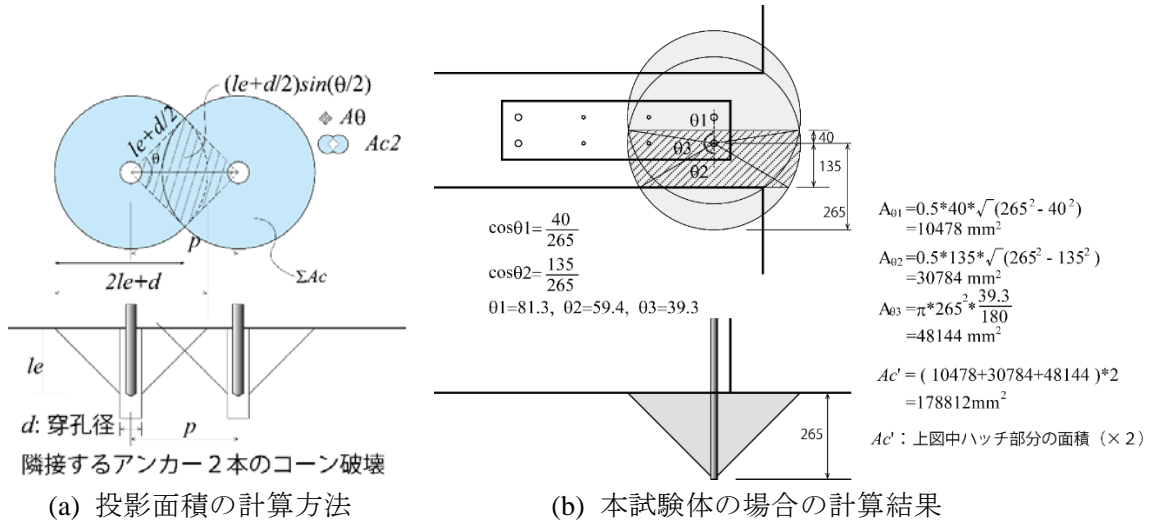


図 4.3.2.1 重なりを考慮した有効投影面積

4-3-2-4 実験スケジュール

実験スケジュールを表 4.3.2.2 に示す。2015 年 12 月より試験体製作を開始し、あと施工アンカーの施工は 1 月初旬に行い、約ひと月後に載荷試験を行った。あと施工アンカー施工時以降の外気温履歴を図 4.3.2.2 に示す。

表 4.3.2.2 実験スケジュール

構造部材実験工程	2015.12				2016.01				2016.02							
	7-	14-	21-	28-	4-	11-	18-	25-	1-	8-	15-	22-	29-			
試験体製作	● (12/25スタブCON)				▲ (1/6アンカー施工)				▲ (1/14壁部CON) (養生)							
部材実験 ・試験体搬入									△ 1/28							
・加力実験									●							
・報告書作成									●							
委員会・WG									▲ 15WG		▲ 21委		▲ 15WG			▲ 24委

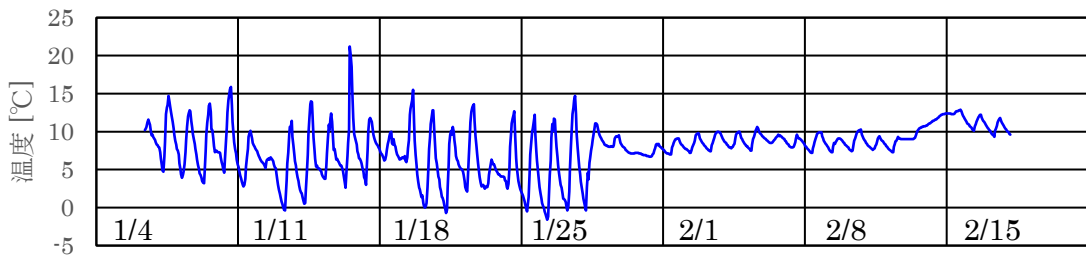


図 4.3.2.2 あと施工アンカー打設後の温度履歴

4-3-2-5 試験体計画・製作概要

試験体一覧を表 4.3.2.3 に、耐力計算値一覧を表 4.3.2.4 に、試験体の形状寸法および試験体製作図面を図 4.3.2.3、図 4.3.2.4 に示す。試験体は、新設開口際の壁縦筋に生じる引張力を模擬するため、標準的な壁厚を有する片持ち柱状とし、縦筋を D10 とし、最外縁の縦筋のみを、壁開口補強筋を想定した D16 とした。また、検討対象とする縦筋 D16 が引張降伏し、アンカー部の定着性能を検証するため、部材の性能は曲げ降伏先行型となるように計画し、せん断耐力余裕度を 1.5 程度以上確保した。

試験体の製作状況を写真 4.3.2.1 に示す。また、穿孔およびアンカー打設作業後の計測結果一覧を表 4.3.2.5 に示す。



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)

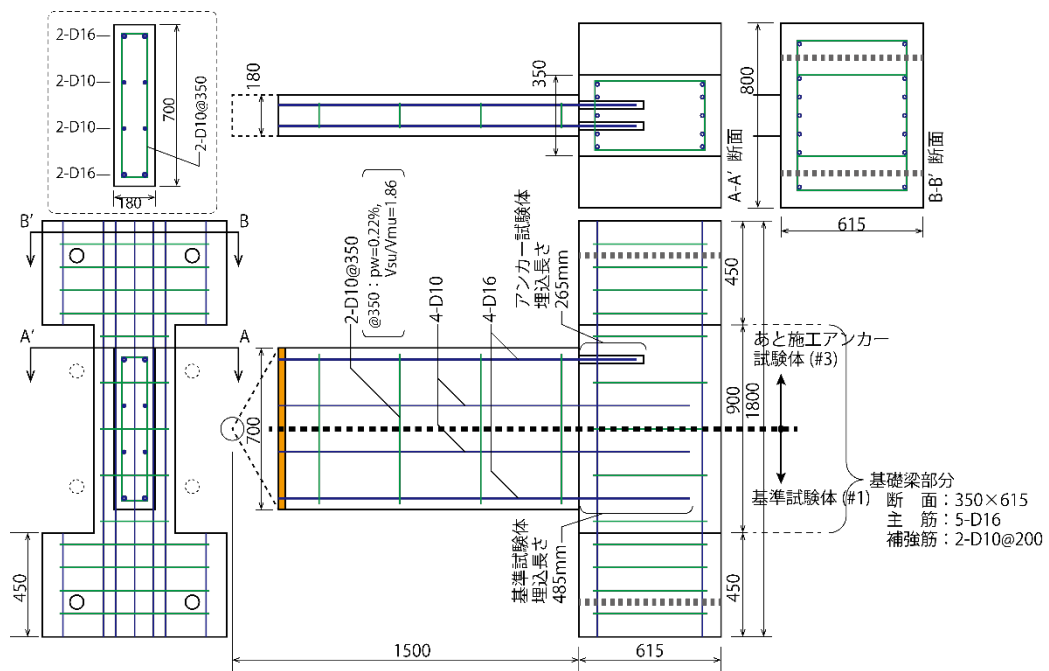
(a) スタブコンクリート打設状況



施工状況

φ24のビット

(b) あと施工アンカー施工状況
写真 4.3.2.1 試験体製作状況



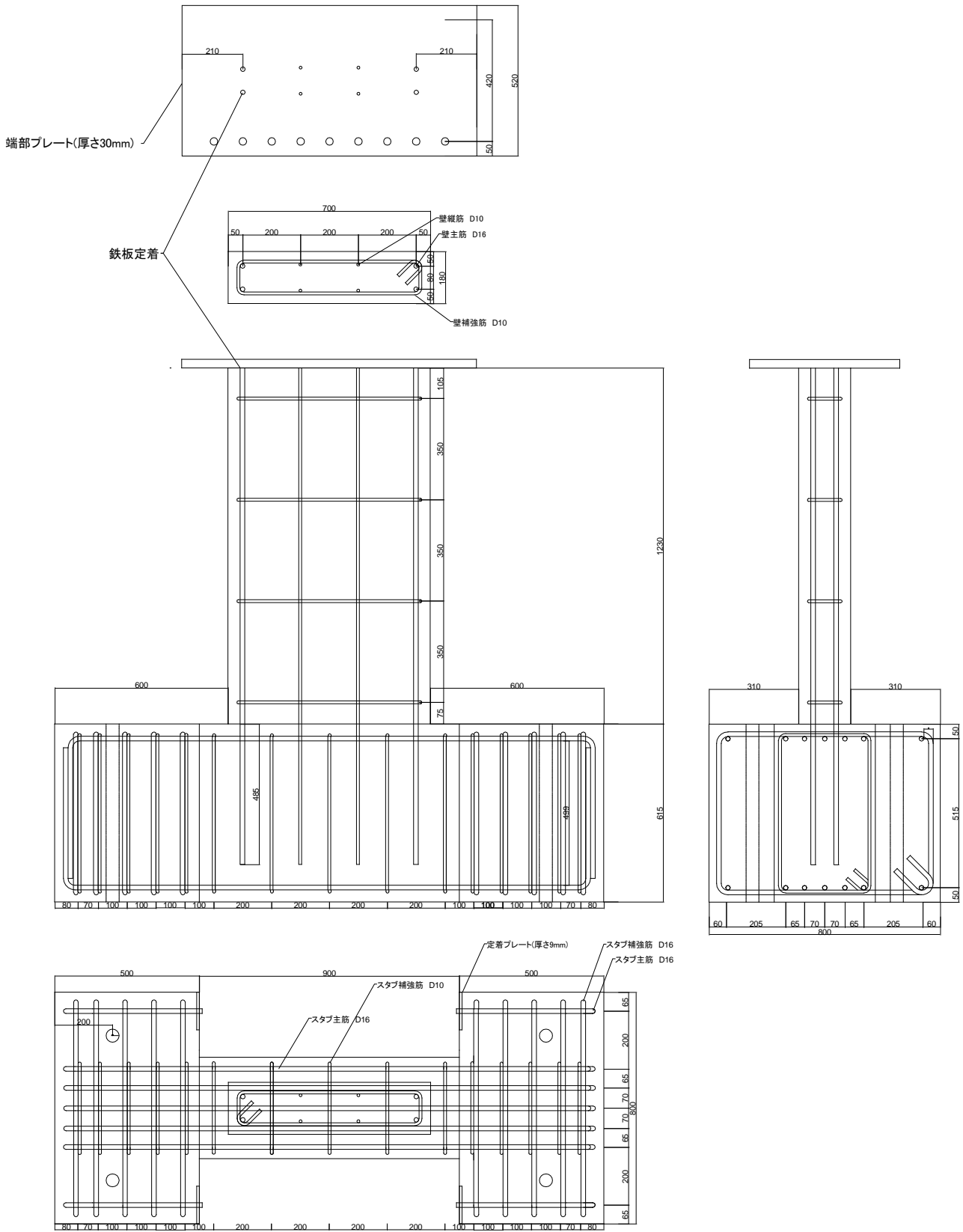


図 4.3.2.4 試験体図面(基準試験体)

表 4.3.2.3 試験体一覧

試験体		No.1	No.2	No.3
断面(B×D)およびスパン(a)		180×700, a=1500		
主筋		4-D16+4-D10		
補強筋		2-D10@350		
最外縁主筋	埋込み長さ	485	485	265
	定着仕様	先付け(在来)	あと施工アンカー	

表 4.3.2.4 各耐力

(1) 曲げ耐力

主筋強度の仮定	Qmu.A[kN]	終局 Qmu.B[kN]	降伏 (2段筋) Qmy2.B[kN]
規格強度 ($\sigma_y=345$)	75.3	86.7	72
上限強度 ($\sigma_y=431$)	94.1	104	89

Qmu.A : $Mu = \sum(a_i \cdot \sigma_y) \cdot l + 0.5 \sum(a_w \cdot \sigma_{wy}) \cdot l + 0.5N \cdot l$ による, Qmu.B, Qmy2.B : 断面解析による

(2) せん断耐力

補強筋強度の仮定	Qsu 荒川 min	Vsu [kN]			
		Rp=0	Rp=0.01	Rp=0.02	Rp=0.03
規格強度 ($\sigma_y=295$)	140.5	170	139	116	96
上限強度 ($\sigma_y=369$)	148.8	192	163	139	103

Qsu : 荒川 min 式による, Vsu : 靱性指針による。

(3) せん断耐力余裕度

	Qsu/Qmu.A	Vsu(Rp=0%)/Qmu.B	Vsu(Rp=2%)/Qmu.B
規格強度 ($\sigma_y=295$)	1.86	1.96	1.34
上限強度 ($\sigma_y=369$)	1.58	1.85	1.34

表 4.3.2.5 穿孔状況の計測結果一覧

(a) 試験体 No.2 (先付け同等試験体)

試験体:先付けと同長さ	1	2	3	4	単位:mm					
内径奥(平行)	22.69	23.35	23.78	23.58						
内径奥(直角)	22.56	23.17	23.35	20.2						
内径手前(平行)	23.79	24.12	24.3	23.85		コンクリート面から20mm程度				
内径手前(直角)	23.74	24.13	24.11	23.37		コンクリート面から20mm程度				
深さ	1	2	3	4	単位:mm					
測定値	494	490	490	488						
勾配	1	2	3	4	単位:°					
(平行)	92.06	92.2	92.22	92.04		直角	1	2		
(直角)	92.49	93.17	94.04	92.13		↑	○	○		
							3	4		
							○	○		
(平行):スタブに平行方向							----->	平行		
(直角):スタブに直角方向										
アンカー筋の全長	1745	1744	1744	1743						
アンカー筋の出長さ	1252	1256	1253	1254						
埋め込み長さ	493	488	491	489	485(設計値)					
アンカー筋勾配	1	2	3	4						
(平行)上	44	41.5	42	41.5	単位:mm					
(平行)下	43.5	42	44	41.5	単位:mm					
角度	90.03	89.97	89.89	90	単位:°					
(直角)上	44	40	40	42	単位:mm					
(直角)下	41	41	44	42	単位:mm					
角度	90.16	89.95	89.78	90	単位:°					

(b) 試験体 No.3 (埋込み長さ 265mm)

試験体:設計定着長さ	1	2	3	4	単位:mm					
内径奥(平行)	23.5	23.33	23.22	23.19						
内径奥(直角)	23.79	23.57	23.62	22.76						
内径手前(平行)	23.97	23.71	24.09	23.8		コンクリート面から20mm程度				
内径手前(直角)	24.05	23.67	23.89	23.14		コンクリート面から20mm程度				
深さ	1	2	3	4	単位:mm					
測定値	271	271	274	267						
勾配	1	2	3	4	単位:°					
(平行)	90.31	91.44	92.53	91.17		直角	1	2		
(直角)	92.43	94.05	92.31	92.52		↑	○	○		
							3	4		
							○	○		
(平行):スタブに平行方向							----->	平行		
(直角):スタブに直角方向										
アンカー筋の全長	1524	1525	1525	1525						
アンカー筋の出長さ	1255	1255	1251	1257						
埋め込み長さ	269	270	274	268	265(設計値)					
アンカー筋勾配	1	2	3	4						
(平行)上	41.5	41	41	41	単位:mm					
(平行)下	40	44	40	43	単位:mm					
角度	90.08	89.84	90.05	89.89	単位:°					
(直角)上	41	44	43	43	単位:mm					
(直角)下	41	44	43	44	単位:mm					
角度	90	90	90	89.95	単位:°					

4-3-2-6 加力・計測方法

加力は、図 4.3.2.5 に示す加力装置を用いて行った。

試験体の加力履歴は変位制御で部材角 $R=\pm 1/1000(\text{rad.}), \pm 1/500(\text{rad.}), \pm 1/250(\text{rad.}), \pm 1/150(\text{rad.}), \pm 1/100(\text{rad.}), \pm 1/50(\text{rad.}), \pm 1/33(\text{rad.}), \pm 1/25(\text{rad.})$ を目標とし載荷を行った。なお、 $R=1/1000$ と $R=1/25$ は各 1 回、その他は各 2 回繰り返した。加力履歴を図 4.3.2.6 に示す。

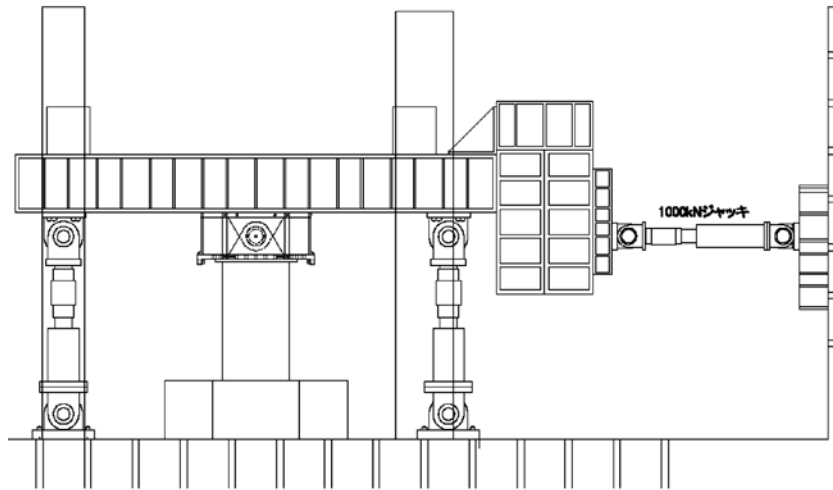


図 4.3.2.5 加力装置

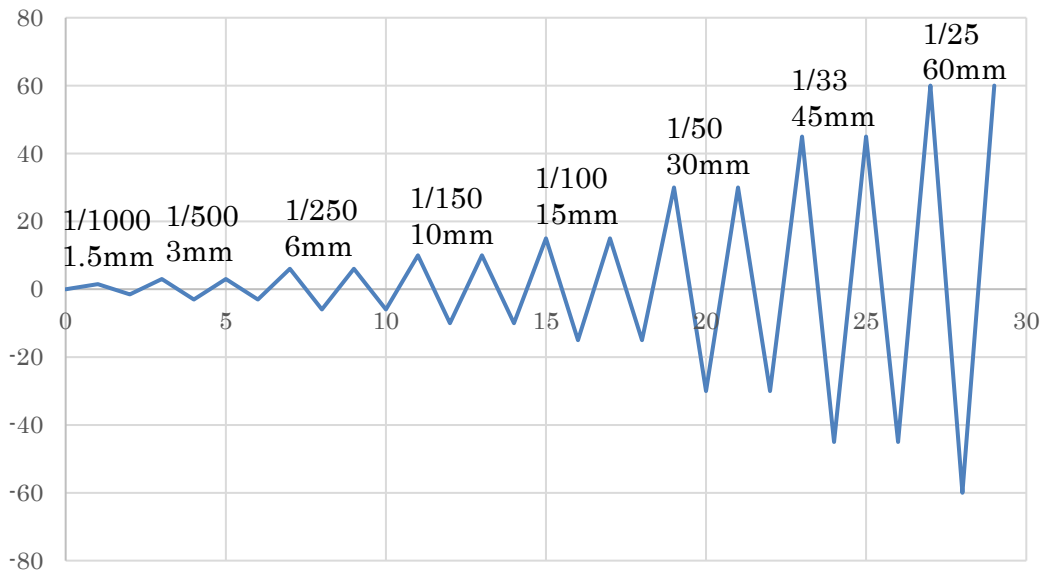


図 4.3.2.6 加力履歴

4-3-3 実験結果

4-3-3-1 使用材料特性

使用材料の特性一覧を表 4.3.3.1 に示す。また、試験体スタブと同一材料により製作した単体試験体の試験結果を表 4.3.3.2 に示す。単体試験は、標準的穿孔径の 20mm の供試体 5 体に加えて、本実験で用いた穿孔径 24mm の供試体 2 体について行った。穿孔径 24mm の場合、平均値は標準的な 5 体の平均値よりやや下回ったが、20N/mm²を上回る結果となった。

表 4.3.3.1 使用材料の特性一覧

(1) コンクリート

試験体	部位	圧縮強度 [N/mm ²]	ヤング係数 ×10 ⁴ [N/mm ²]	割裂強度 [N/mm ²]
No.1	壁	25.4	2.31	6.7
	スタブ	26.2	2.35	7.1
No.2	壁	27.1	2.45	7.2
	スタブ	26.9	2.40	7.8
No.3	壁	26.8	2.38	7.7
	スタブ	26.6	2.29	7.1
平均値	壁	26.4	2.38	7.2
	スタブ	26.6	2.34	7.3

(2) 鉄筋

	降伏強度 [N/mm ²]	ヤング係数 ×10 ⁵ [N/mm ²]	引張強度 [N/mm ²]	破断伸び [%]
D10	362	1.87	526	16.9
D16	372	1.93	561	17.8

表 4.3.3.2 単体試験結果

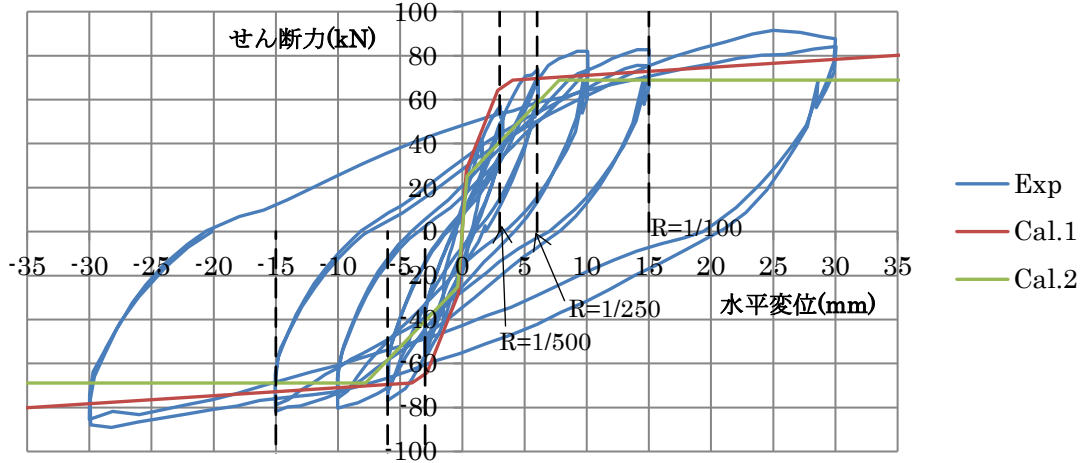
試験体	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
穿孔径 [mm]	20					24	
最大荷重[kN]	102.8	86.1	104.2	108.0	93.4	95.8	96.5
最大強度[N/mm ² *1)	25.7	21.5	26.1	27.0	23.4	22.8	23.0
平均値 [N/mm ²]	24.7					22.9	

*1) 埋込み長さは、試験体の鋼管長さとし、①～⑤は 80mm、⑥⑦は 84mm とした。

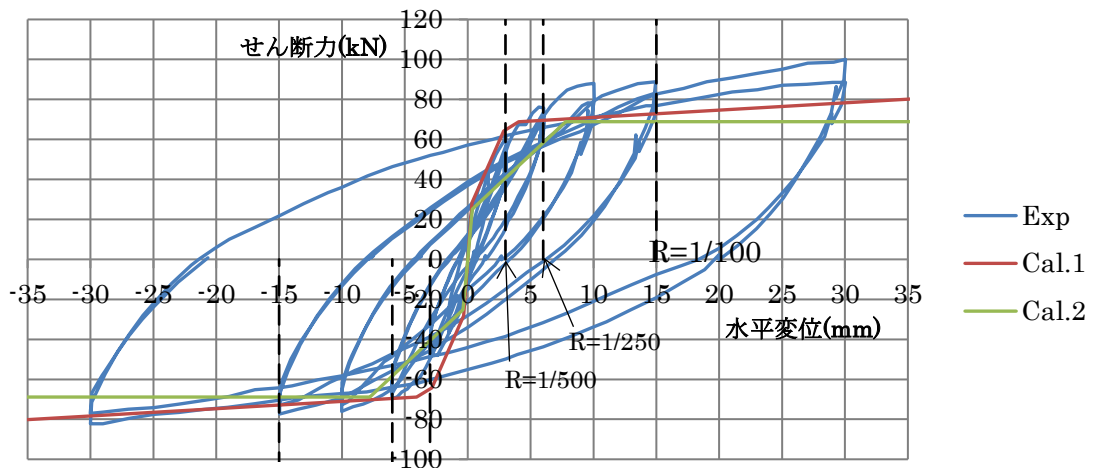
試験方法は、2-2 と同じ方法とした。

4-3-3-2 荷重-変形関係

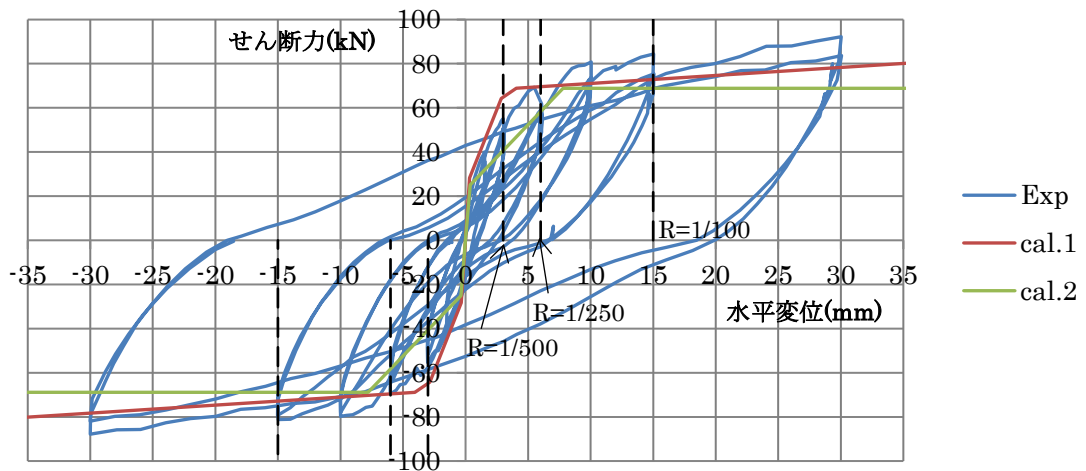
各試験体の変形角 1/50 繰り返しまでの荷重～変形関係を図 4.3.3.1 に示す。図には、耐力計算値 (Cal.1,2)をあわせて示した。なお、Cal.1 は $M-\phi$ 関係の積分に基づく方法、Cal.2 は菅野式を用いる方法である。また、加力終了までの包絡線を図 4.3.3.2 に示す。



(a) 基準試験体



(b) あと施工アンカー試験体(埋込み長さ 485mm)



(c) あと施工アンカー試験体(埋込み長さ 265mm)

図 4.3.3.1 荷重-変形関係

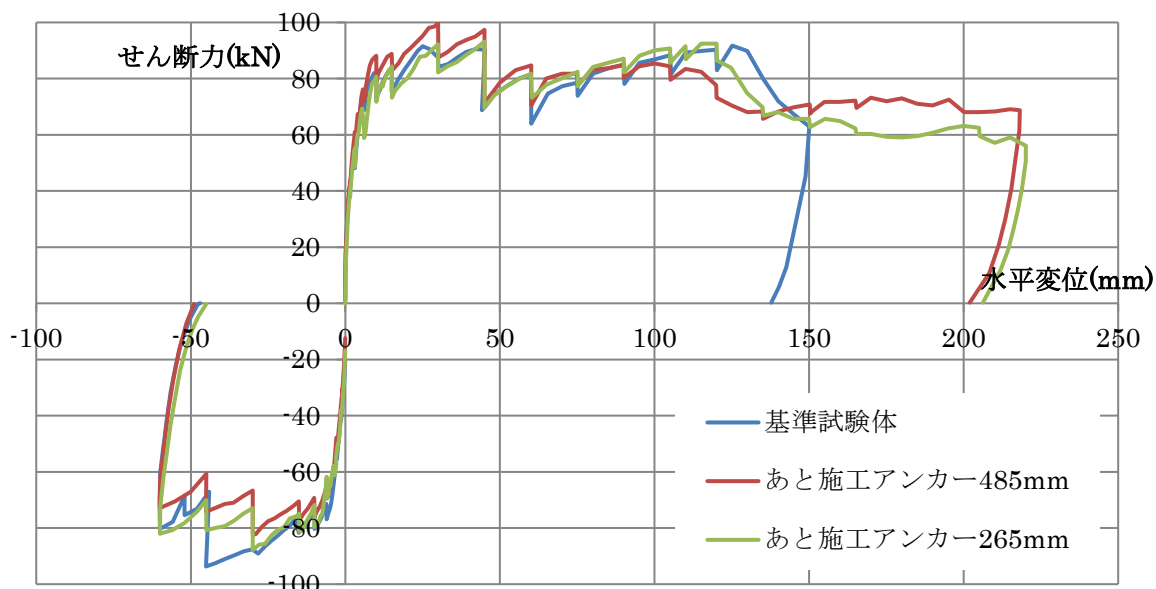


図 4.3.3.2 荷重-包絡線

いずれの試験体も、変形角 $R=1/250$ のサイクルで縦筋 (D16) の降伏が確認され、 $R=1/150$ から $1/100$ の加力サイクルで荷重はほぼ一定となった。最大耐力は、 $R=1/50$ または $1/33$ の加力サイクルで発揮されその後、損傷の進行とともに荷重が低下した。

全体挙動は概ね同等となったが、以下のような相違が見られた。

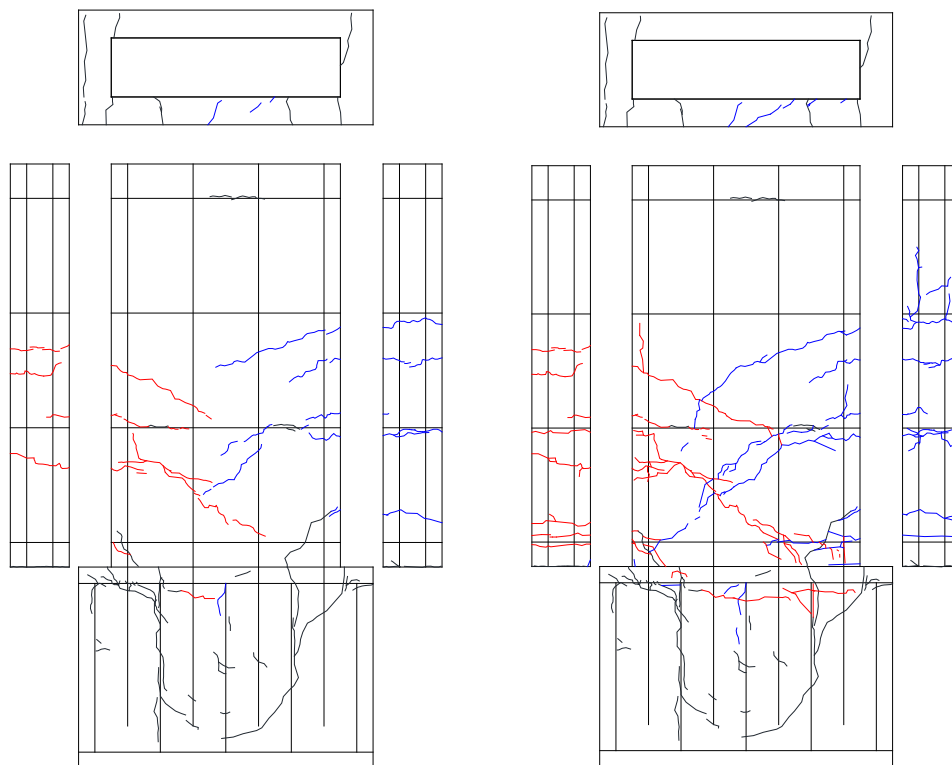
- ・埋込み長さ 265mm としたあと施工アンカー試験体では、 $R=1/250$ の加力サイクルにおいて、正負ともに他の2体に比べて、樹脂が割れる音とともに、荷重がやや低下する挙動が見られ、また、基礎梁を模したスタブ部に、アンカー筋定着端付近の水平方向のひび割れが生じた。
- ・履歴曲線は、埋込み長さ 485mm のあと施工アンカー試験体と基準試験体は繰返しの範囲内でほぼ紡錘形となったが、埋込み長さ 265mm のあと施工アンカー試験体は、ややスリップが見られた。
- ・負側加力において、基準試験体は $R=1/33$ の繰返しまで荷重低下は見られなかったが、あと施工アンカー試験体はいずれも $R=-1/33$ の一回目で基準試験体より荷重が低下した。
- ・大変形時は、基準試験体よりもあと施工アンカー試験体の方が、やや早く荷重低下が始まる傾向が見られた。

4-3-3-3 破壊性状

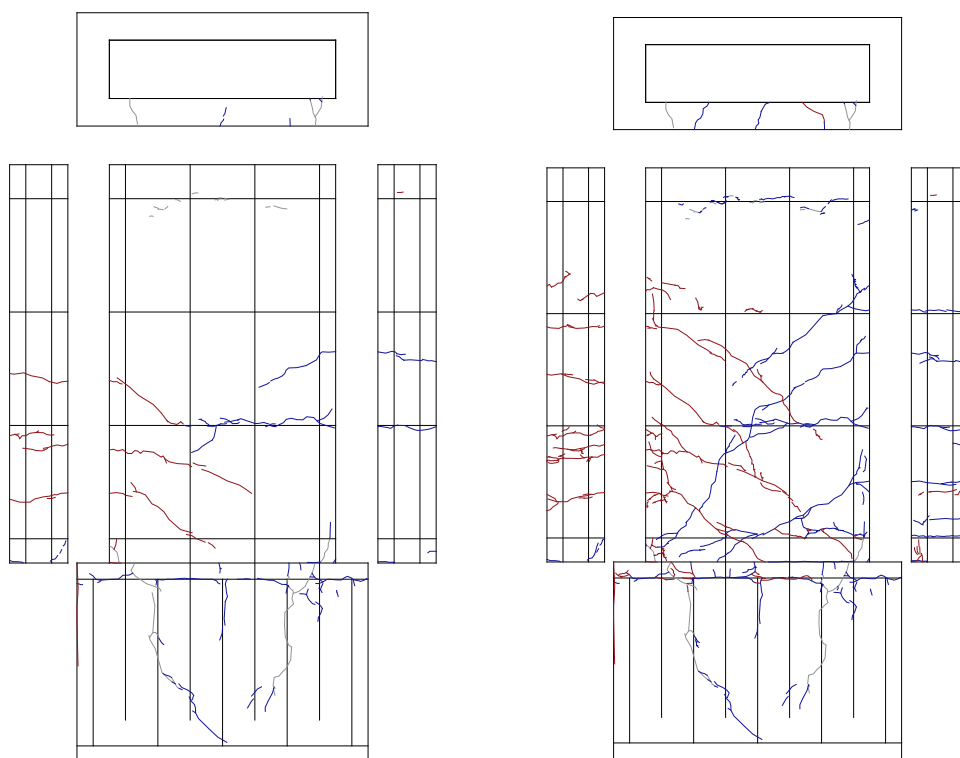
各試験体の部材角 $R=1/500$ 時、 $R=1/50$ 時を図 4.3.3.3 および写真 4.3.3.1 に示す。

・いずれの試験体も損傷経過は概ね同様となっているが、埋込み長さ 265mm の試験体のみ、基礎梁を模したスタブ部の中段付近（埋込み先端付近を起点として）に水平方向のひび割れが生じている点で、性状が異なっている。

・各試験体のスタブ上端主筋に沿って生じたひび割れについては、基準試験体では $R=1/250\sim 1/150$ サイクルで、あと施工アンカー試験体2体では初期ひび割れの違いは見られたがともに $R=1/500$ サイクルで、主なひび割れが生じた。

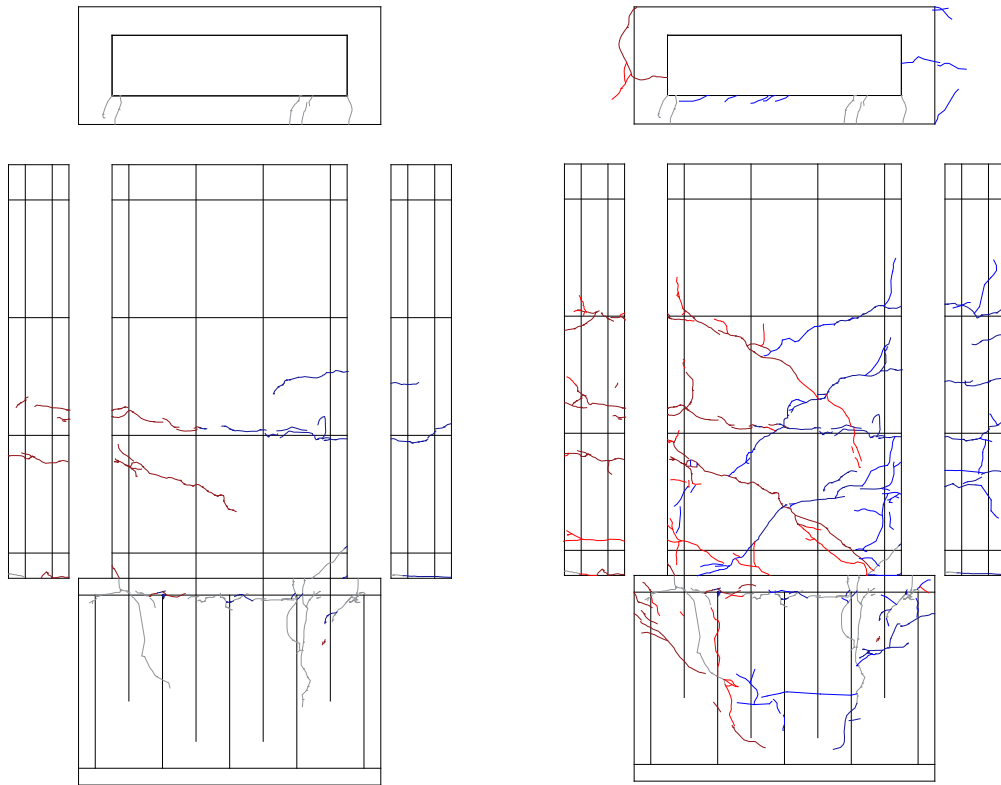


(a)基準試験体 (左 : R=1/500 時 右 : R=1/50 時)



(b)あと施工アンカー試験体(埋込み長さ 485mm) (左 : R=1/500 時 右 : R=1/50 時)

図 4.3.3.3 ひび割れ図 (つづく)



(c)あと施工アンカー試験体(埋込み長さ 265mm)(左 : R=1/500 時 右 : R=1/50 時)

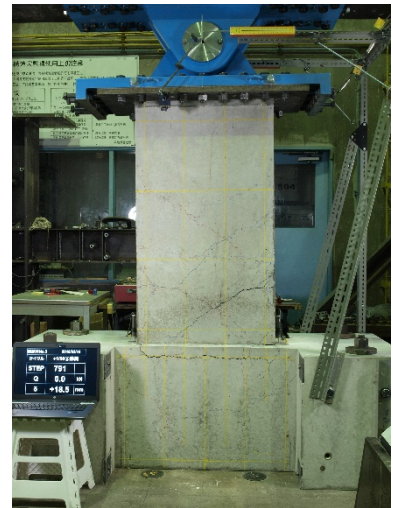
図 4.3.3.3 ひび割れ図 (つづき)



(a) 基準試験体



(b) 埋込み長さ 485mm



(c) 埋込み長さ 265mm

写真 4.3.3.1 R=1/50 時の状況

4-3-3-4 定着部性状

各試験体のアンカー筋 (D16) のひずみ度分布を図 4.3.3.4 に、また、危険断面のひずみ度分布を図 4.3.3.5 に示す。

アンカー部の歪性状には試験体ごとに若干の違いが見られるものの、危険断面と危険断面よりスタブ側 (6db 内側) の降伏が先行した。なお、同図(c)で 1/100 時の CD2 が大きなひずみ度を生じているが、他の試験体も大変形時には同程度以上にひずみ度を生じている。ひび割れ発生状況の違いにより先行した可能性が考えられる。

また、危険断面のひずみ度分布では、アンカー筋 D16 のひずみが大きく進展していることがわかる。特に、R=1/250 では降伏状況に若干の差が見られるが、大きな違いは見られない。

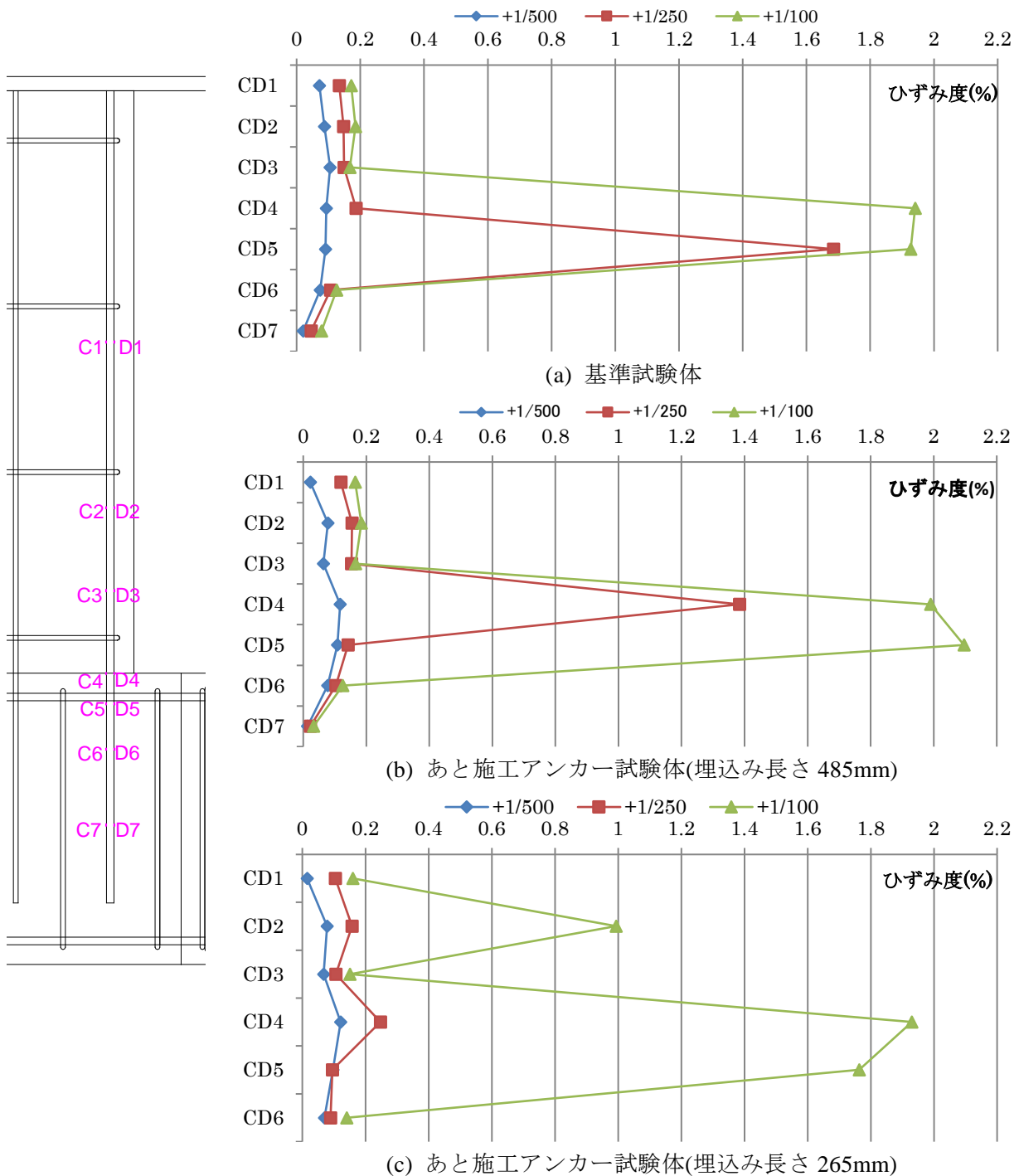
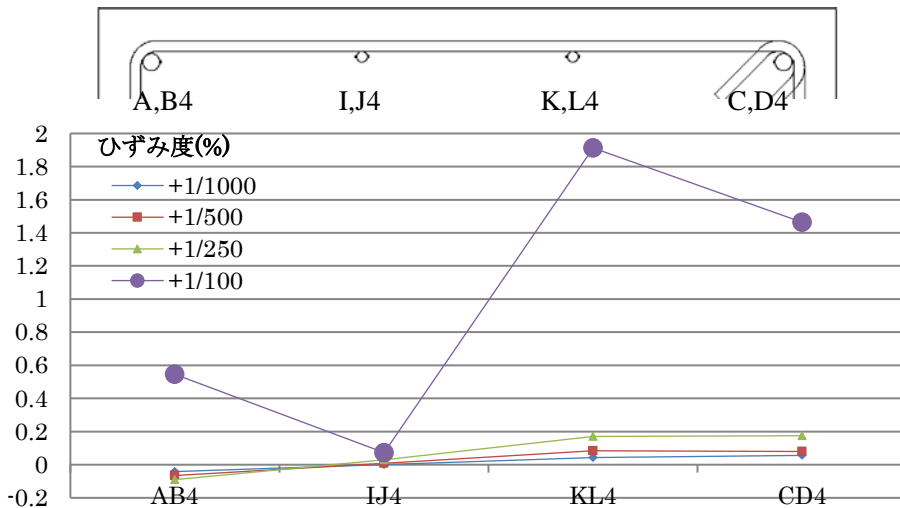
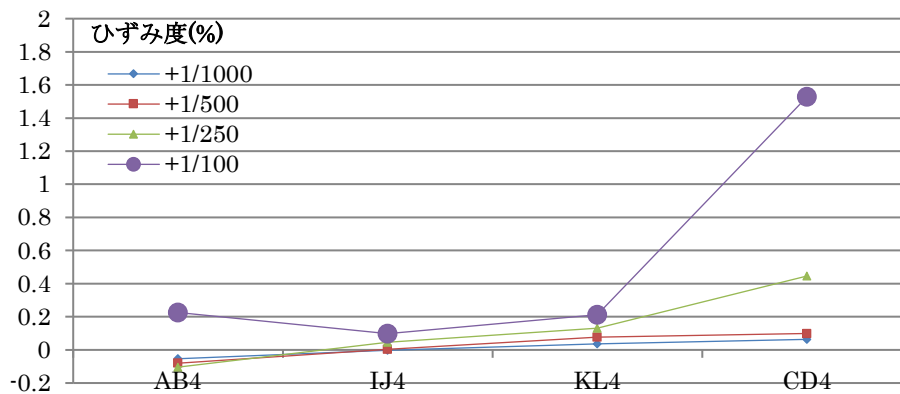


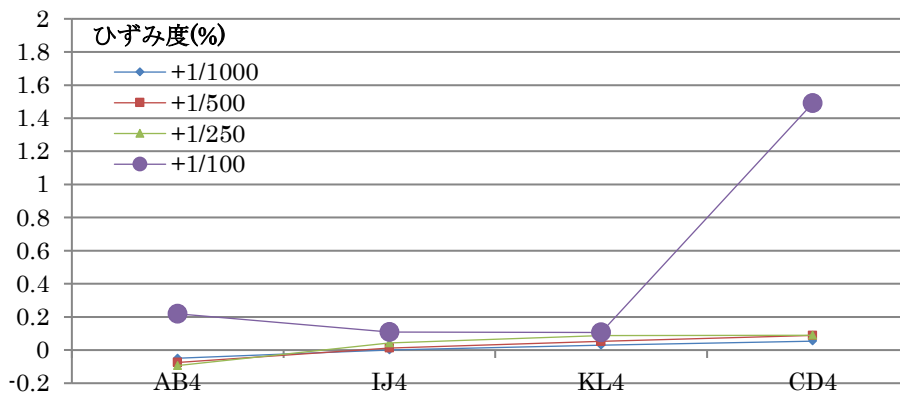
図 4.3.3.4 主筋ひずみ度分布



(a) 基準試験体



(b) あと施工アンカー試験体(埋込み長さ 485mm)

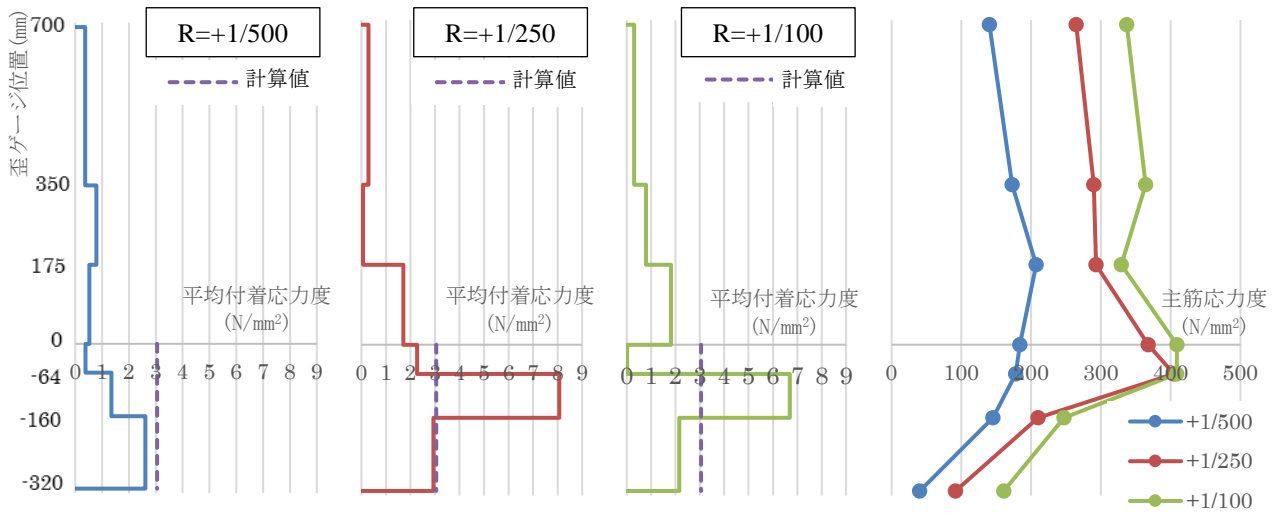


(c) あと施工アンカー試験体(埋込み長さ 265mm)

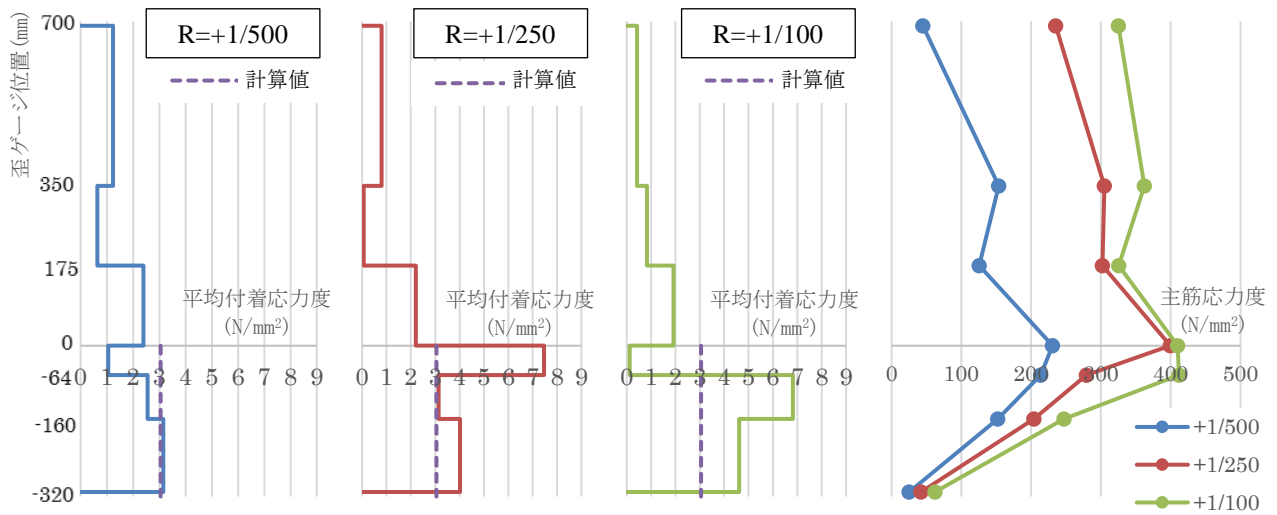
図 4.3.3.5 危険断面のひずみ度分布

4-3-3-5 あと施工アンカーの定着性能の検討

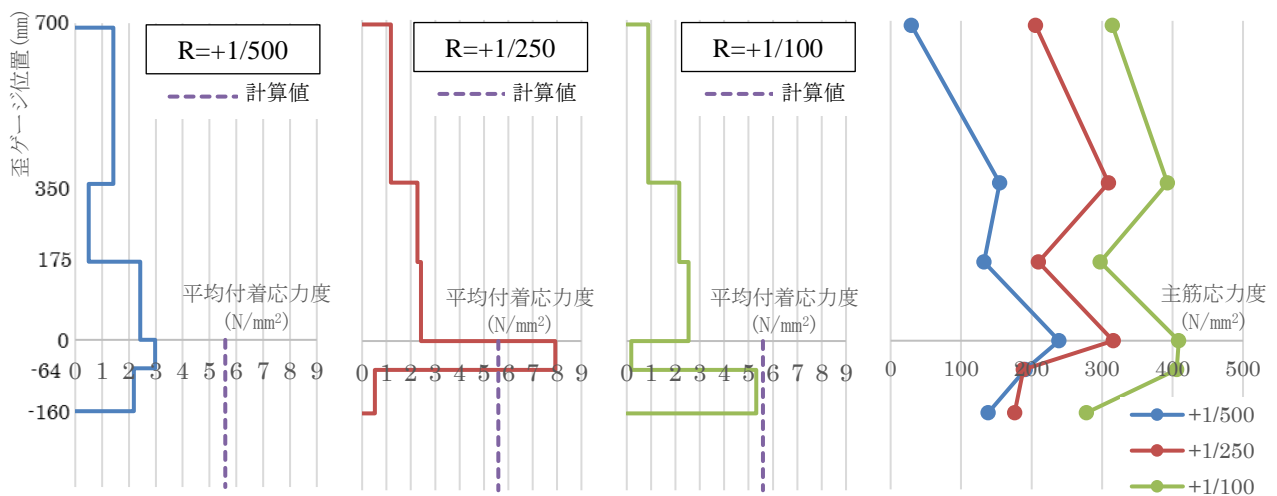
各試験体のアンカー筋 (D16) の平均付着応力度分布および主筋応力度分布を図 4.3.3.6 に示す。危険断面を歪ゲージ位置 0mm として表す。なお、計測した歪度を修正 Menegotto-Pinto モデルを用いて応力度に換算した。試験体ごとに若干の違いが見られるものの、基準試験体は R=+1/250 時の CD5~6 区間、あと施工アンカー試験体は CD4~5 区間において、平均付着応力度の値が大きくなる。



(a)基準試験体



(b)あと施工アンカー試験体(埋込み長さ 485mm)



(c)あと施工アンカー試験体(埋込み長さ 265mm)

図 4.3.3.6 平均応力度分布および主筋応力度分布

4-3-4 まとめ

本節 4.3 節「耐力壁の構造性能確認試験」では、既存耐力壁に開口を新設する際の開口補強筋を新たに配筋する場合に、床梁への定着に用いるあと施工アンカーの応力状態を再現するため、壁柱状部材の片持ち柱加力による静的載荷実験を行った。適用箇所を再現するため、断面の最外縁主筋のみあと施工アンカーを用いた縦筋とした壁柱状部材と縦筋定着部分はスタブより幅の狭い基礎梁を想定した部材からなる試験体とし、基礎梁両側は反力床への固定のため剛強なスタブを設けている。本報告は、あと施工アンカーのこのような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。そのため、本実験方法による場合は、適用対象として次のような条件下であることを踏まえて性能を判断する必要がある。

- ・試験体アンカー部は、部材の変形がある程度拘束されている部位であり、実架構では基礎梁やアンカー部より下階にも連層耐震壁が続く部位に相当する。一方、純ラーメン架構の通常の梁への定着を想定する場合は、梁の損傷や変形が生じるような架構形式の試験体とする必要がある。
- ・本実験の試験体は、基礎梁部分の鉄筋量は、引張鉄筋比 $p_t=0.5\%$ 、補強筋比 $p_w=0.2\%$ 程度と比較的配筋量が少ないが、アンカー筋は基礎梁主筋（上端より 50mm）より深くまで定着できている。また、断面サイズ 350×615、幅は壁厚の 2 倍程度、アンカー筋芯から基礎梁側面まで距離（へりあき）は 135mm であるが、コア内に十分に定着した条件といえる。なお、本実験の計画においては、へりあき寸法は、コーン状破壊強度や群効果を考慮した付着強度の算定に反映している。
- ・本実験の試験体は、終局強度に対してのみ設計しており、長期・短期に対する設計は考慮していない。特に、開口補強の縦筋の応力状態を再現することを意図して壁長さを小さくし、壁柱状の試験体のため、耐力壁としての短期荷重等を想定することが難しい。従って、適用範囲に応じて長期・短期荷重を想定した試験体設計をするか、別途考慮するための検討を加える必要がある。
- ・実験において、主筋の歪性状を把握するため、多数のひずみゲージをアンカー部分にも貼付している。そのため、一般的な規定より穿孔径を大きくした。D16 に対して通常の穿孔径は 20mm とされるが、本実験では 24mm としている。穿孔径の違いによる影響については、コンクリートとの界面の面積が増えることで強度が上昇する可能性と、充填する接着剤の体積が増えることで収縮等の種々の要因による強度低下が生じる可能性が指摘されており、明確化されていない。本実験では、穿孔径 24mm とした単体試験も併せて実施することで、単体性能の確認を行ったが、適用条件に対応した試験体の計画が必要である。また、ゲージを貼付することでアンカー筋周面の接着剤との付着性能を阻害する可能性もあり、この点を考慮した性能評価が必要である。

以上のような条件下であることを踏まえて、本実験の結果をまとめると以下の点が挙げられる。

1. 先付け工法と同等の埋込み長さ（485mm）としたあと施工アンカー試験体は、先付け工法試験体とほぼ同等の耐力、変形性能を有していた。履歴性状に関しては、先付け工法試験体の方がややスリップが大きい性状を示した。
2. いずれの試験体も、基礎梁上端主筋に沿ったひび割れが生じた。基礎梁部を極短スパンとした拘束条件の影響も考えられるが、柱梁接合部架構試験体などでも見られる現象であり、実架構においてこのような損傷が生じる可能性も考慮して適用方法を検討する必要があると考えられる。
3. 本実験計画における設計方針により計画したあと施工アンカー試験体（埋込み長さ 265mm）は、他の2体に比べて降伏変形付近でやや荷重・剛性が小さいものの、最大耐力や変形性能の点で差は見られなかった。従って、最大耐力・変形性能を評価項目とした場合は、同等程度の性能を有しているといえる。一方で、降伏後の履歴曲線については、スリップ性状が他の2体に比べてより顕著に見られた点や、基礎梁部の定着端付近に、他の2体には見られないひび割れが生じていた点で、相違が見られた。すなわち、履歴や損傷に関する性能評価などを評価項目とした場合には、着目すべき有意差があったといえる。適用範囲や設計方針に応じて、これらの点に着目した検証実験も必要になると考えられる。

4-4 試験体におけるスラブの構造性能確認試験

4-4-1 実験の主旨・概要

本実験は、接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の長期性能を確認する一例として、主筋の定着に接着系あと施工アンカーを用いた両端固定一方向スラブならびに片持ちスラブについて、通常の前付け工法の定着方法によるスラブとの比較により長期たわみ増大率、ひび割れ性状、鉄筋ひずみ、乾燥収縮率、振動数、定着部の破壊性状および強度について検証をすることを目的とする。

なお、本スラブ実験で想定しているスラブにおけるあと施工アンカーの使用方法としては、平成22年度に行われた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」の最終成果報告書7.2節「長期応力に対する設計方針とその留意点」で述べられている以下の内容をその前提条件として考えている。

1. 引張クリープ実験結果より、あと施工アンカーの付着機構は、先付けコンクリートのそれと同じであることが予想される。従って構造部材の主筋に適用する場合には、通常鉄筋と同様の定着が必要である。また鉄筋コンクリート造のスラブや小梁へ適用する場合には、適用範囲を限定することで現行基準よりも短い定着長とすることができるものと考えられる。
2. 引張クリープ実験結果より、変位量が収束しなかった事例があるため、引張応力を負担する箇所に現時点で本式を利用する際には、引張応力をあと施工アンカーが負担できなくなった状態を想定して、あと施工アンカーを適用した部材の設計を実施し、当該部材が脱落することがないことを確認する必要がある。
3. 今回の各国基準の文献調査より、各国ではひび割れに対して強度の低減を行っているが、実施した試験体はひび割れないコンクリートへ適用されていることから、ひび割れの影響がない箇所への適用が原則である。ただし、ひび割れ防止に有効な方策が確認されている場合はその限りではない。
4. 今回の実験においては、有機系接着剤を用いたカプセル型のあと施工アンカーが用いられた。実際の部材への適用に際しては、使用するあと施工アンカーがこれと同等の性能を有することを確認する必要がある。
5. へりあき寸法は、FEM解析結果より、埋め込み深さによって付着応力度分布が変化することが確認されている。従って、埋め込み深さが $7d_a$ 以上確保されている場合には、へりあきの最小値は $10d_a$ 以上確保されていることを基本とする。
6. 火災による影響のある部位に適用する場合には、当該熱応力によって適用した部材が脱落しないことを確認する必要がある。

上記2.および6.に記載されているような、引張応力をあと施工アンカーが負担できなくなった状態を想定した場合や熱応力によっても部材が脱落しないことの確認は、本スラブ実験では、その目的があと施工アンカーを使用した部材の長期性状の把握にあるため省略している。しかし、実際の使用方法としては、上記要件を満たすようなあと施工アンカーの代わりに応力を負担できる何らかの脱落防止措置を施すことを想定している。また、片持ちスラブ試験体でも実験を行うが、これは長期載荷後の破壊性状を確認するための加力実験を行いやすいからであり、試験方法の都合上行うもので、片持ちスラブにおけるあと施工アンカーの使用を目指しているものではない。

平成28年2月26日に試験体の載荷を開始し、約2年が経過した。平成29年度は、平成28年度に

引き続き「試験体各位部に生じたひび割れの観察」「試験体の変形やアンカー筋などの鉄筋に生じたひび割れ程度の測定」を中心に行った。本報告書の内容は、一部を除き平成29年12月21日までの各種観察・測定結果をもとにまとめられている。

4-4-2 試験体における実験計画

4-4-2-1 計画方針

試験体は、国立研究開発法人 建築研究所の大型構造物実験棟内に、スパン 5,760 mm、幅 1,000 mm、厚さ 200 mm の両端固定一方向スラブならびに、スパン 2350 mm、幅 1,000 mm、厚さ 200 mm の片持ちスラブの接着系あと施工アンカー定着によるスラブおよび標準定着によるスラブを製作し、居室相当の載荷荷重 (2.5 kN/m²) を積載して、長期たわみ性状を把握することとした。

実験方法の概要を図 4.4.2.1 に示す。

平成28年2月16日に床スラブ部分の型枠脱型および床スラブ上面への長期荷重としての鉄筋載荷を開始し、試験体のひび割れの観察およびデータロガーからの測定データの回収等を表 4.4.2.1 に示す日に実施した。なお、床スラブ上面に鉄筋載荷を行った後は、ひび割れの観察は床スラブ下面およびスタブ部分を中心に行い、床スラブ上面は振動実験などの実施により載荷用鉄筋を移動させた時など、限られた機会にのみ行った。

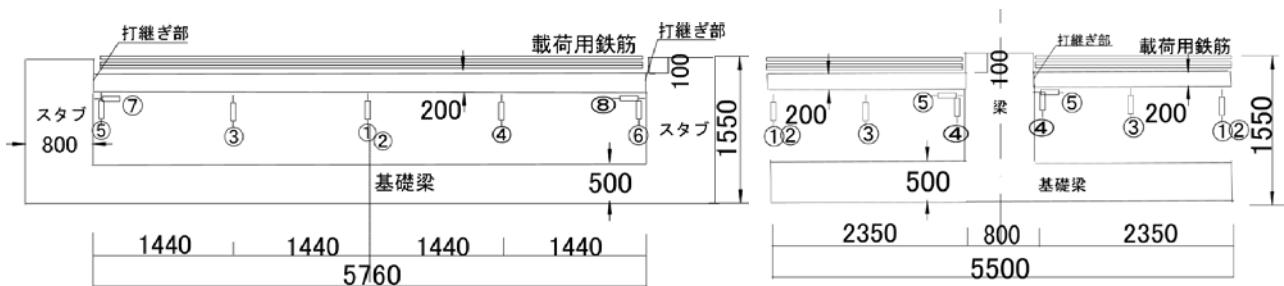


図 4.4.2.1 実験方法の概要

表 4.4.2.1 実験スケジュール

No.	年月日	計測項目	No.	年月日	計測項目
1	H28. 2. 16	振動測定(鉄筋載荷前・後)	14	H28.12. 7	ひび割れ観察
2	H28. 3. 1	ひび割れ観察, 振動測定	15	H29. 2. 7	ひび割れ観察, 振動測定
3	H28. 3. 15	ひび割れ観察, 振動測定	16	H29. 2. 16	ひび割れ観察
4	H28. 4. 18	ひび割れ観察	17	H29. 4. 20	ひび割れ観察
5	H28. 4. 26	ひび割れ観察	18	H29. 5. 11	ひび割れ観察
6	H28. 5. 21	ひび割れ観察, 振動測定	19	H29. 6. 15	ひび割れ観察
7	H28. 6. 2	ひび割れ観測	20	H29. 7. 20	ひび割れ観察
8	H28. 6. 28	ひび割れ観察	21	H29. 8. 9	ひび割れ観察, 振動測定
9	H28. 7. 14	ひび割れ観察	22	H29. 8. 24	ひび割れ観察
10	H28. 8. 1	ひび割れ観察	23	H29.10.26	ひび割れ観察
11	H28. 8. 16	ひび割れ観察, 振動測定	24	H29.12.21	ひび割れ観察
12	H28. 9. 1	ひび割れ観察	25	H30. 2. 9	ひび割れ観察, 振動測定
13	H28.11. 2	ひび割れ観察			

※：試験体製作「基礎梁」部分コンクリート打設：平成27年12月11日
「スタブ」部分コンクリート打設：平成27年12月19日
「床スラブ」部分コンクリート打設：平成28年1月18日

4-4-2-2 設計方針・計算例

(1) 設計方針

通常定着方法(先付け定着方法)のスラブ上端筋の定着は、許容付着応力度による所要定着長さ「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(1991)^{4,5)}(29)式」による。

接着系あと施工アンカーを用いたスラブ上端筋のアンカー筋の定着は、アンカー筋に生じる長期許容引張力に対して長期許容付着力および長期許容コーン状破壊耐力を満たす有効埋込み長さを確保する。

(2) 計算例

計算例は、後出の図4.5.2.1に示す北側居室のスラブについて算定する。

1) 基本事項

仕上げ荷重 0.7 kN/m^2
 積載荷重 1.8 kN/m^2 } $W_p = 2.5 \text{ kN/m}^2$
 短辺方向スパン $\ell_x = 2920 \text{ mm}$
 長辺方向スパン $\ell_y = 5760 \text{ mm}$ } $\lambda = 1.97$
 スラブ厚 $T = 200 \text{ mm}$
 コンクリート縁から鉄筋中心までの距離

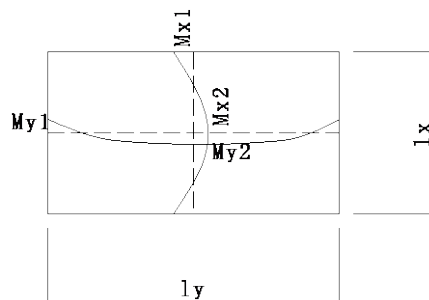


図4.4.2.1-2 計算に用いた記号の説明

上端かぶり厚 30 mm 短辺方向上端筋 $d_1 = 35.0 \text{ mm}$ 短辺方向下端筋 $d_2 = 45 \text{ mm}$
 下端かぶり厚 30 mm 長辺方向上端筋 $d_3 = 46.5 \text{ mm}$ 長辺方向下端筋 $d_4 = 35 \text{ mm}$
 コンクリート強度 $F_c = 21 \text{ N/mm}^2$ ($\gamma = 23$) ヤング係数 $E_c = 21.5 \text{ kN/mm}^2$
 鉄筋 SD295A

2) 応力の算出

$$w = 7.3 \text{ kN/m}^2$$

$$w_x = \ell_y^4 / (\ell_x^4 + \ell_y^4) \times w = 0.45 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{x1} = 1/12 \times w_x \times \ell_x^2 = 1.24 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad M_{x2} = 1/18 \times w_x \times \ell_x^2 = 0.83 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{y1} = 1/24 \times w \times \ell_x^2 = 10.09 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad M_{y2} = 1/36 \times w \times \ell_x^2 = 6.73 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

3) 断面算定

短辺方向上端筋 $a_t = M_{x1} / f_t \cdot j = 42.9 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{D10@200(355)} \quad \text{OK}$
 短辺方向下端筋 $a_t = M_{x2} / f_t \cdot j = 30.6 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{D10@200(355)} \quad \text{OK}$
 長辺方向上端筋 $a_t = M_{y1} / f_t \cdot j = 375.6 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{D10D13@250(396)} \quad \text{OK}$
 長辺方向下端筋 $a_t = M_{y2} / f_t \cdot j = 233.1 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{D10@250(284)} \quad \text{OK}$

4) たわみに対する検討

$$\delta_e = \frac{1}{32} \cdot \frac{\lambda^4}{1 + \lambda^4} \cdot \frac{w \cdot \ell_x^4}{E \cdot T^4} = 1.368 \text{ mm}$$

変形増大率 $\kappa = 16$ 長期たわみ $\delta_L = 16 \times \delta_e = 21.89 \text{ mm}$

たわみ率 $\delta_L / \ell_x = 1/263 \leq 1/250 \quad \text{OK}$

5) ひび割れに対する検討

端部上端 $\sigma_t = {}_tM_{max} / Z = 10\,090\,000 / 6\,666\,667 = 1.51 \text{ N/mm}^2 \leq 0.38 \sqrt{F_c} = 1.74 \text{ N/mm}^2$

OK

中央部下端 $\sigma_t = {}_cM_{max} / Z = 6\,730\,000 / 6\,666\,667 = 1.01 \text{ N/mm}^2 \leq 0.38 \sqrt{F_c} = 1.74 \text{ N/mm}^2$

OK

6) 試験体スラブの設計

(i) 両端固定一方向の応力

$$w = 7.3 \text{ kN/m}^2 \quad \ell_x = 5760 \text{ mm}$$

$$M_{x1} = 1/12 \times w \times \ell_x^2 = 20.18 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad , \quad M_{x2} = 1/18 \times w \times \ell_x^2 = 13.46 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$Q_{x1} = 1/2 \times w \times \ell_x = 21.0 \text{ kN}$$

$$\text{短辺方向上端筋 } a_t = M_{x1} / f_t \cdot j = 705.3 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{D13@150 (846.7)} \quad \text{OK}$$

$$\text{短辺方向下端筋 } a_t = M_{x2} / f_t \cdot j = 466.1 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{D10@150 (473.3)} \quad \text{OK}$$

(ii) たわみに対する検討

$$\text{単純支持一方向たわみ } \delta_e = \frac{15}{384} \cdot \frac{w \cdot \ell_x^4}{E \cdot T^3 / 12} = 7.29 \text{ mm}$$

$$\text{両端固定一方向たわみ } \delta_e = \frac{1}{384} \cdot \frac{w \cdot \ell_x^4}{E \cdot T^3 / 12} = 1.46 \text{ mm}$$

$$\text{変形増大率 } \kappa = 16 \quad \text{長期たわみ } \delta_L = 16 \times \delta_e = 23.3 \text{ mm}$$

$$\text{たわみ率 } \delta_L / \ell_x = 1/247$$

(3) 通常定着方法(先付け定着方法)のスラブ上端筋の定着検討

1) 許容付着応力度による所要定着長さ「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(1991)^{4.5)} (29)式」

(i) 計算条件

- ・使用するコンクリートの設計基準強度： $F_c = 21 \text{ N/mm}^2$
- ・スラブ上端筋：D13 SD295A
- ・スラブ上端筋のコンクリートに対する許容付着応力度：

$$l_f a = \min(21/15, 0.9 + 2 \times 21/75) = \min(1.40, 1.46) = 1.40 \text{ N/mm}^2 \text{ *1}$$

[注] *1：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(1991)^{4.5)}によれば、圧縮力を受ける場合および、付着破壊のおそれのない領域へ定着する場合は、1.5倍の数値としてよいとあるが、本資料では適用していない。また、平12建告第1450号に規定の長期許容付着応力度は、はりの上端筋以外は「その他の鉄筋」の数値を用いることができるが、ここでは適用していない。

(ii) 定着長さの検討

(a) 直線定着の場合

$$\ell \geq \frac{l_f t \cdot d_b}{4 \times l_f a} = 195 \times d_b / (4 \times 1.40) = 34.8 \times d_b = 34.8 \times 13 = 452.7 \text{ mm}$$

(b) 標準フック付き折曲げ定着の場合

$$\ell \geq \frac{2}{3} \times \frac{l_f t \cdot d_b}{4 \times l_f a} = 2/3 \times 195 \times d_b / (4 \times 1.40) = 23.2 \times d_b = 23.2 \times 13 = 301.8 \text{ mm}$$

2) RC規準(2010)17条「定着」による所要定着長さ

(i) 計算条件

- ・使用するコンクリートの設計基準強度： $F_c = 21 \text{ N/mm}^2$
- ・スラブ上端筋：D13 SD295A
- ・付着割裂の基準となる強度： $f_b = 0.9 + 21/40 = 1.425 \text{ N/mm}^2$

$$\text{必要定着長さ算定式: } \ell_{ab} = \alpha \cdot \frac{S \cdot \sigma_t \cdot d_b}{10 f_b} \text{ 「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(2010)^{4.2)} (17.2)式」}$$

- ・スラブ端筋定着部の拘束の有無：スラブ上端筋を，当該スラブを支持する梁の上端筋の下に定着するディテールとすることで，拘束領域への定着とする($\alpha=1.0$)。

(ii) 定着長さの検討

(a) 直線定着の場合

$$\ell_{ab} = \alpha \cdot \frac{S \cdot \sigma_t \cdot d_b}{10f_b} = 1.0 \times 1.0 \times 295 \times d_b / (10 \times 1.425) = 20.7 \times d_b = 20.7 \times 13 = 269.1 \text{ mm}$$

(b) 標準フック付き折曲げ定着の場合

$$\ell_{ab} = \alpha \cdot \frac{S \cdot \sigma_t \cdot d_b}{10f_b} = 1.0 \times 0.5 \times 295 \times d_b / (10 \times 1.425) = 10.4 \times d_b = 20.7 \times 13 = 135.2 \text{ mm}$$

(4) 接着系あと施工アンカーを用いたスラブ上端筋のアンカー筋の定着検討

1) アンカー筋の所有効埋込み長さの検討

(i) 計算条件

- ・使用するコンクリートの設計基準強度： $F_c = 21 \text{ N/mm}^2$
- ・スラブ上端筋：D13 SD295A
- ・接着系あと施工アンカーの付着強度： $\tau_{fu} = 15 \text{ N/mm}^2 (= 15 \times \sqrt{\frac{\sigma_B}{21}} = 15 \times \sqrt{\frac{21}{21}})$
- ・アンカー筋に生じる長期許容引張力に対して(4.4.2.1)式および(4.4.2.2)式を満たす有効埋込み長さを確保する。

$${}_D T_{L1} \leq T_{AL2} \quad \dots \dots \dots (4.4.2.1) \text{ 式}$$

$${}_D T_{L1} \leq T_{AL3} \quad \dots \dots \dots (4.4.2.2) \text{ 式}$$

記号 ${}_D T_{L1}$: アンカー筋に生じる長期荷重時引張力(N)で，次式による。

$${}_D T_{L1} = l_{f_i} \cdot a_i = 195 \times 127 = 24\,765 \text{ N} = 24.8 \text{ kN}$$

T_{AL2} : アンカー筋の長期許容付着力(N)で，次式による。アンカー筋のかぶり厚さが $1.5d_a$ 以上 確保されていることから，付着強度の低減を行わない。

$$T_{AL2} = (\tau_{fu} / F) \cdot \pi \cdot d_a \cdot \ell_e \quad \dots \dots \dots (4.4.2.3) \text{ 式}$$

T_{AL3} : アンカー筋の長期許容コーン状破壊耐力(N)で，次式による。

$$T_{u3} = 0.23 \sqrt{\sigma_B} / F \cdot A_c \quad \dots \dots \dots (4.4.2.4) \text{ 式}$$

τ_{fu} : 接着系あと施工アンカーの付着強度(N/mm²)で，15.0 N/mm²とする。

F : 安全係数で，3(CASE1)および4.5(CASE2)とする。

ℓ_e : アンカー筋有効埋込み長さ(mm)

σ_B : アンカー筋定着部のコンクリートの圧縮強度(N/mm²)で，設計基準強度とする。

A_c : コーン状破壊面の有効水平投影面積(mm²)。本来であれば，アンカー筋のピッチ，はしあき，へりあきによるコーン状破壊面の重なり等を考慮した有効投影面積を算定する必要があるが，本資料においては考慮していない。

(ii) (4.4.2.1) 式を満たすのに必要な有効埋込み長さの検討

(a) CASE1 ($F=3.0$) の場合

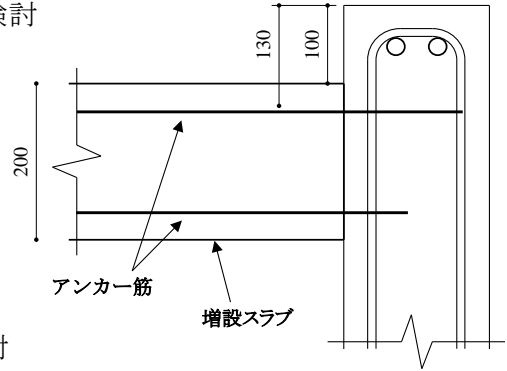
$${}_D T_{fL} = {}_D \sigma_{tL} \cdot \pi \cdot d_a^2 / 4 \leq T_{AL2} = 5.0 \times \pi \cdot d_a \cdot \ell_e \text{ より,}$$

$$\ell_e \geq {}_D \sigma_{tL} \cdot d_a / (4 \times 5) = 9.75 \times d_a (=127 \text{ mm})$$

(b) CASE2 ($F=4.5$) の場合

$${}_D T_{fL} = {}_D \sigma_{tL} \cdot \pi \cdot d_a^2 / 4 \leq T_{AL2} = 3.3 \times \pi \cdot d_a \cdot \ell_e \text{ より,}$$

$$\ell_e \geq {}_D \sigma_{tL} \cdot d_a / (4 \times 3.3) = 14.7 \times d_a (=191 \text{ mm})$$



(iii) (4.4.2.2) 式を満たすに必要な有効埋込み長さの検討

(a) CASE1 ($F=3.0$) の場合

${}_D T_{fL} = {}_D \sigma_{tL} \cdot \pi \cdot d_a^2 / 4 \leq T_{AL2} = 0.23 \sqrt{\sigma_B} / 3.0 \cdot A_c$ アンカー筋とスラブ支持梁の断面・配筋有効埋込み長さを 130 mm 以上とし、コーン状破壊面の有効水平投影面積 A_c が次式で算定されるとする。

$$A_c = \pi \cdot \ell_e \cdot (\ell_e + d_a)$$

$${}_D \sigma_{tL} \cdot \pi \cdot d_a^2 / 4 \leq 0.23 \sqrt{\sigma_B} / 3.0 \cdot \pi \cdot \ell_e \cdot (\ell_e + d_a) \text{ より,}$$

$$\ell_e \geq \frac{d_a}{2} \cdot \left\{ -1 + \sqrt{{}_D \sigma_{tL} \times 3 / (0.23 \sqrt{\sigma_B})} \right\} = \frac{d_a}{2} \times (-1 + 23.56) = 11.3 \times d_a (=146 \text{ mm})$$

(b) CASE2 ($F=4.5$) の場合

$$\ell_e \geq \frac{d_a}{2} \cdot \left\{ -1 + \sqrt{{}_D \sigma_{tL} \times 4.5 / (0.23 \sqrt{\sigma_B})} \right\} = \frac{d_a}{2} \times (-1 + 28.86) = 14.0 \times d_a (=182 \text{ mm})$$

図 4.4.2.2 スラブ上端筋に使用する

(5) 検討結果：表 4.4.2.2 を参照のこと。

表 4.4.2.2 増設スラブ上端筋の支持梁への定着長さおよびアンカー筋有効埋込み長さ

	通常定着方法		接着系あと施工アンカー筋			
	RC 規準(1991)による場合	RC 規準(2010)による場合	${}_D T_{L1} \leq T_{AL2}$ となる有効埋込み長さ		${}_D T_{D1} \leq T_{AL3}$ となる有効埋込み長さ	
			$F=3.0$	$F=4.5$	$F=3.0$	$F=4.5$
直線定着の場合	34.8 d_b (453 mm)	20.7 d_b (270 mm)	9.75 d_a (127 mm)	14.7 d_a (191 mm)	11.3 d_a (146 mm)	14.0 d_a (182 mm)
標準フック付き 折曲げ定着の場合	23.2 d_b (302 mm)	10.4 d_b (135 mm)				
備考	<ul style="list-style-type: none"> 上端筋は、RC 規準(1991)^{4,5)}による定着長さを確保する。 下端筋は 10d_bかつ 150 mm 以上とする。 		<ul style="list-style-type: none"> 実験であることから、有効埋込み長さ 12 d_a(156 mm)とする。 スラブ下端筋としてのアンカー筋の有効埋込長は 7d_a(91 mm)とする。 実験では、長期許容コーン状破壊耐力(T_{AL3})に重なりによる面積の低減を考慮していない。 			

4-4-2-3 試験体計画・製作概要

両端固定一方向スラブの試験体数は2体とし、スラブの定着に接着系あと施工アンカーを用いたもの、および通常の定着方法を用いたもの各1体である。

試験体のスパンは、既存建物における実大実験を参考に5,760 mmの内法とする。試験体幅は、既往の長期たわみ実験を参考に単位幅(1,000 mm)の一方向スラブとする。スラブ厚さは既存建物のスラブを一方向スラブとして弾性たわみで1 mm以上となる厚さとして200 mmを設定した。

片持ちスラブの試験体数は2体とし、試験体中央にスタブを設け、スタブの両側に片持ちスラブを取り付け、主筋の定着に接着系あと施工アンカーを用いた片持ちスラブ試験体を梁の左側に、主筋の定着に通常の方法を用いた片持ちスラブ試験体を右側に設置した。

試験体のスパンは、両端固定とした試験体(内法スパン：5,760 mm)の固定端曲げモーメントと同値となる2,350 mmとし、試験体幅は単位幅(1,000 mm)とする。スラブ厚さは両端固定とした試験体と同一の200 mmとした。

試験体コンクリートの目標圧縮強度として、基礎梁は乾燥収縮ひずみを出来る限り小さくすべく36 N/mm²(呼び強度)とし、スタブおよびスラブは18 N/mm²(呼び強度)とした。

試験体一覧を表4.4.2.3、スラブの配筋リストを表4.4.2.4、表4.4.2.5に示す。

試験体の基本形状を図4.4.2.3、図4.4.2.4に、スラブ端部のスタブとの接合部を図4.4.2.5、図4.4.2.6に、スラブの配筋図を図4.4.2.7、図4.4.2.8に、基礎梁およびスタブの配筋図を図4.4.2.9、図4.4.2.10に示す。

表 4.4.2.3 試験体一覧

試験体名	スラブ形状	施工方法
AH	両端固定(単位幅一方向)	接着系あと施工アンカー
BA	両端固定(単位幅一方向)	標準定着
CA	片持ち	接着系あと施工アンカー
CB	片持ち	標準定着

表 4.4.2.4 両端固定スラブ(AH, BA 試験体)の配筋リスト

板厚	位置	主筋方向		配力筋方向	
		端部	中央	端部	中央
200	上	D13@150	D13@300	D10@300	D10@300
	下	D10@300	D10@150	D10@300	D10@300

表 4.4.2.5 片持ちスラブ(CA, CB 試験体)の配筋リスト

板厚	位置	主筋方向	配力筋方向
200	上	D13@150	D10@300
	下	D10@300	D10@300

材料試験結果を表4.4.2.6、表4.4.2.7に示す。なお、平成29年度は平成30年1月10日に下表のうち材齢103週から109週時点でのコンクリート材料試験を実施した。

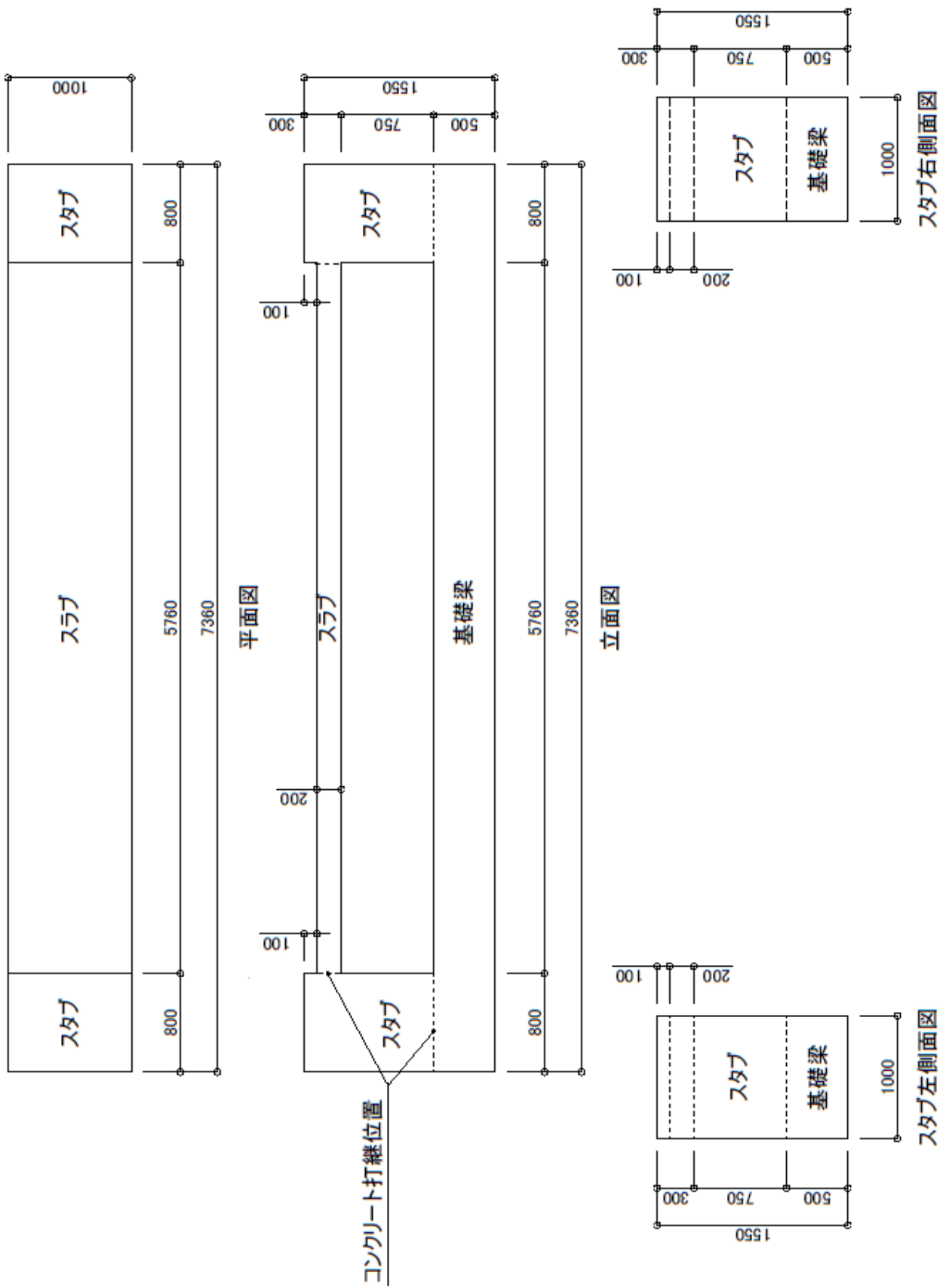


図 4.4.2.3 両端固定スラブ試験体 (AH, BA 試験体) の基本形状

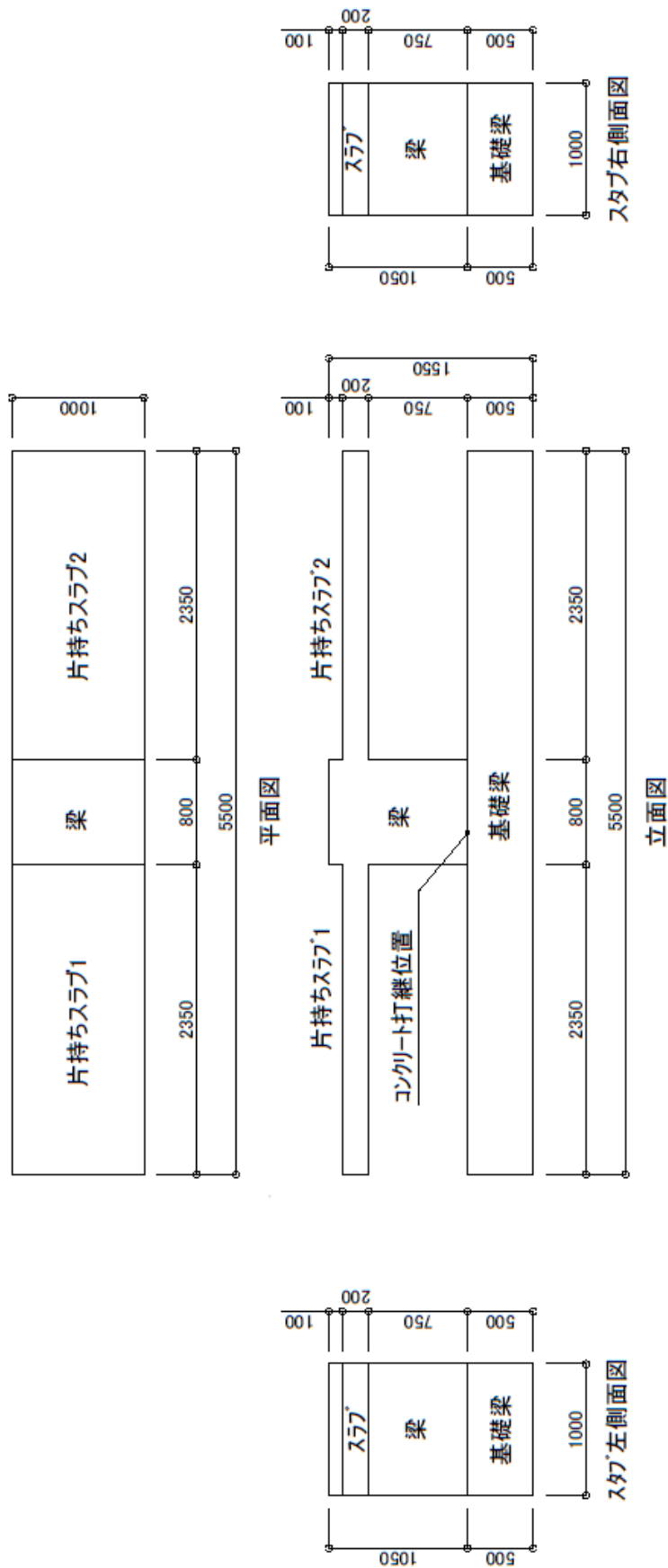
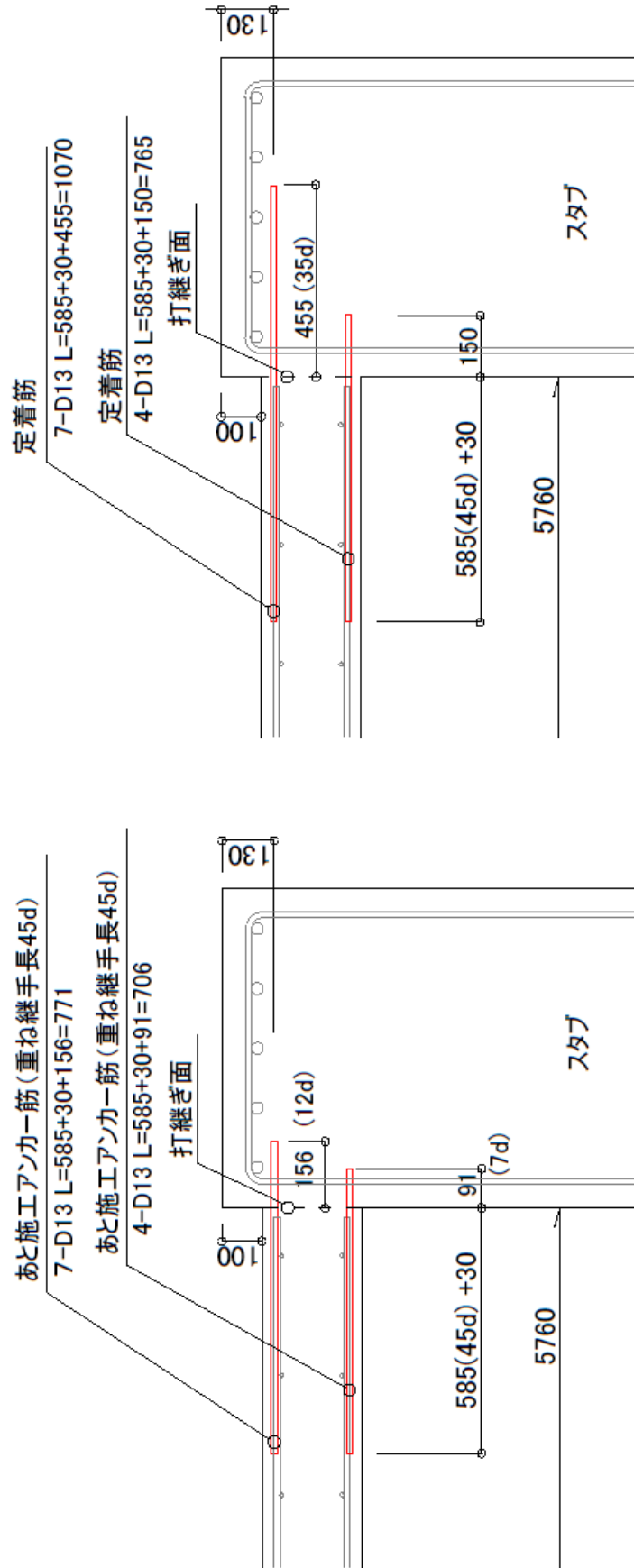


図 4.4.2.4 片持ちスラブ試験体(CA, CB 試験体)の基本形状



(b) 標準定着試験体

(a) 接着系あと施工アンカー一定着試験体

図 4.4.2.5 両端固定スラブ端部のスタブとの接合部 (AH, BA 試験体)

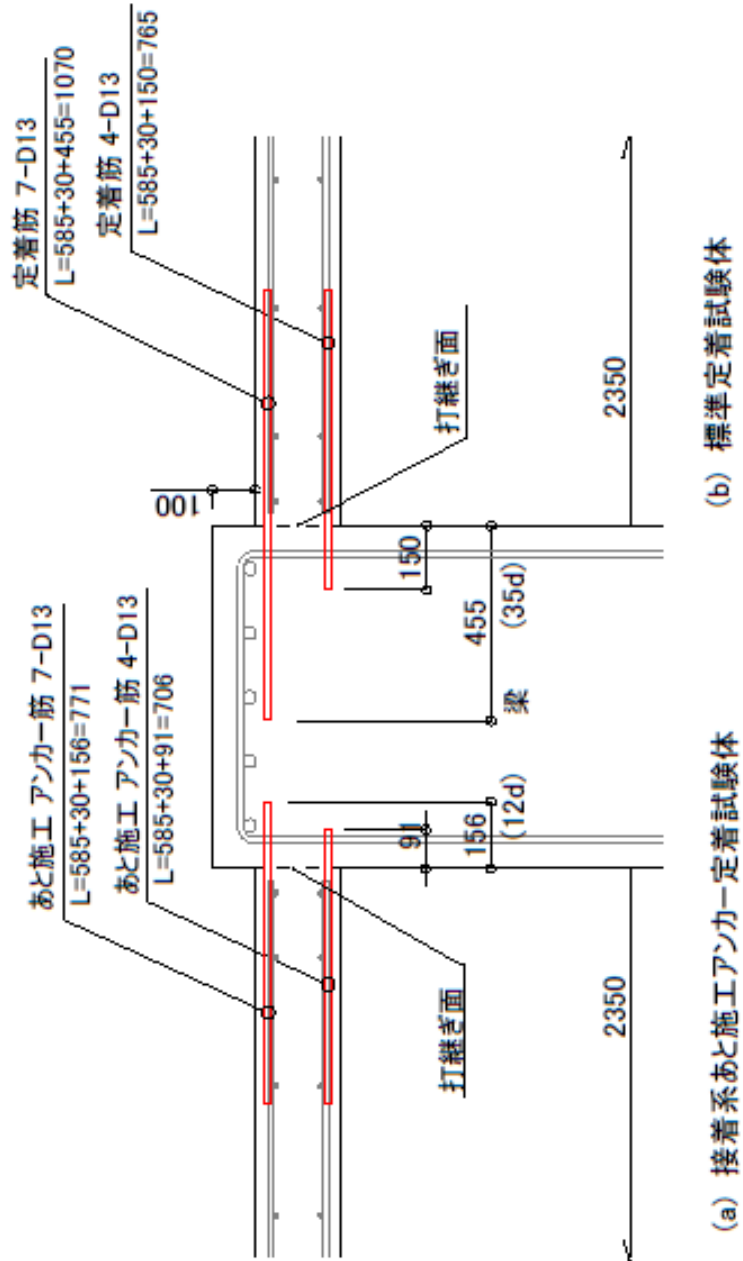


図 4.4.2.6 片持ちスラブと梁との接合部 (CA, CB 試験体)

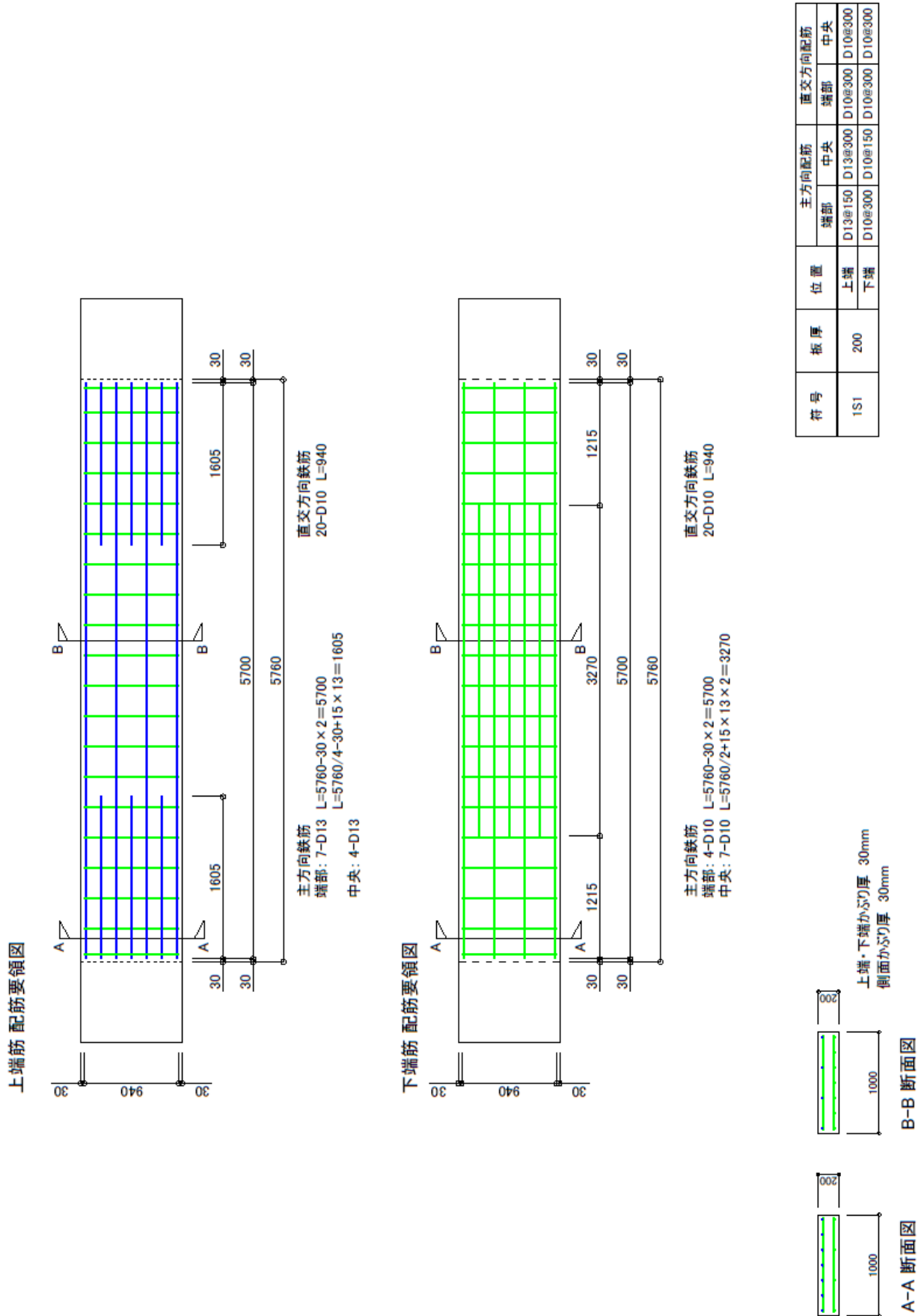


図 4.4.2.7 スラブ配筋図(AH, BA 試験体)

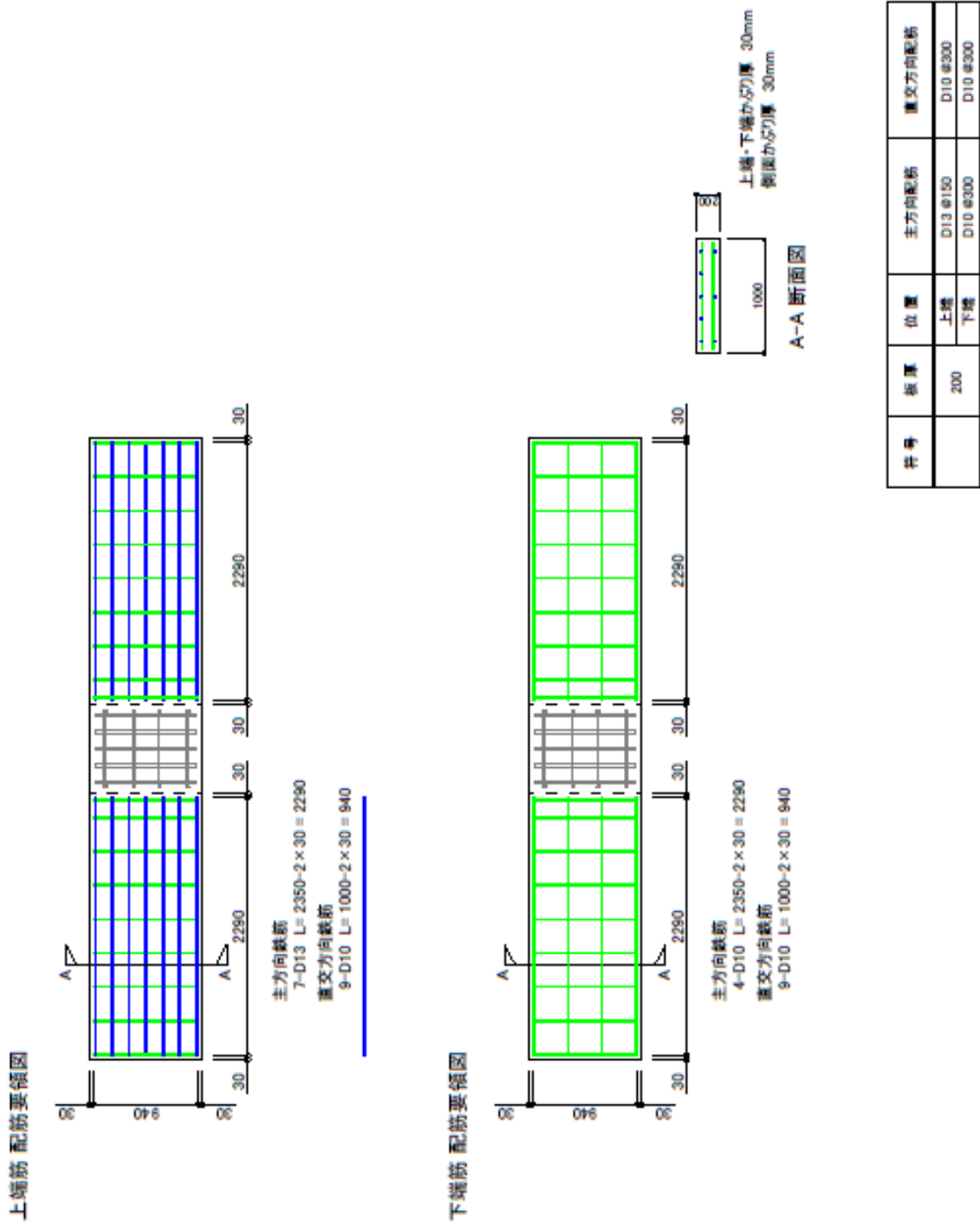


図 4.4.2.8 スラブ配筋図 (CA, CB 試験体)

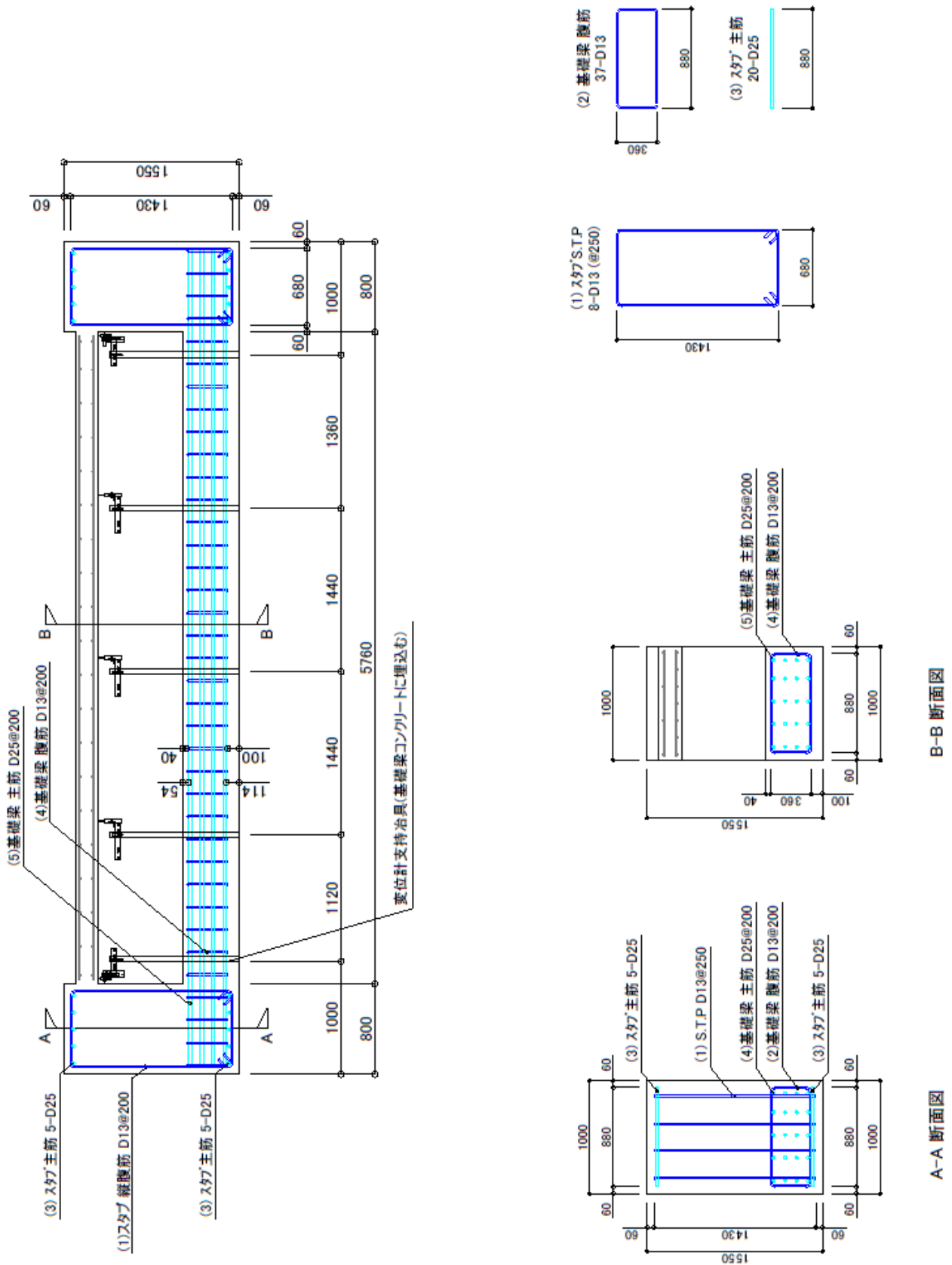


図 4.4.2.9 基礎梁・スタブ配筋図(AH, BA 試験体)

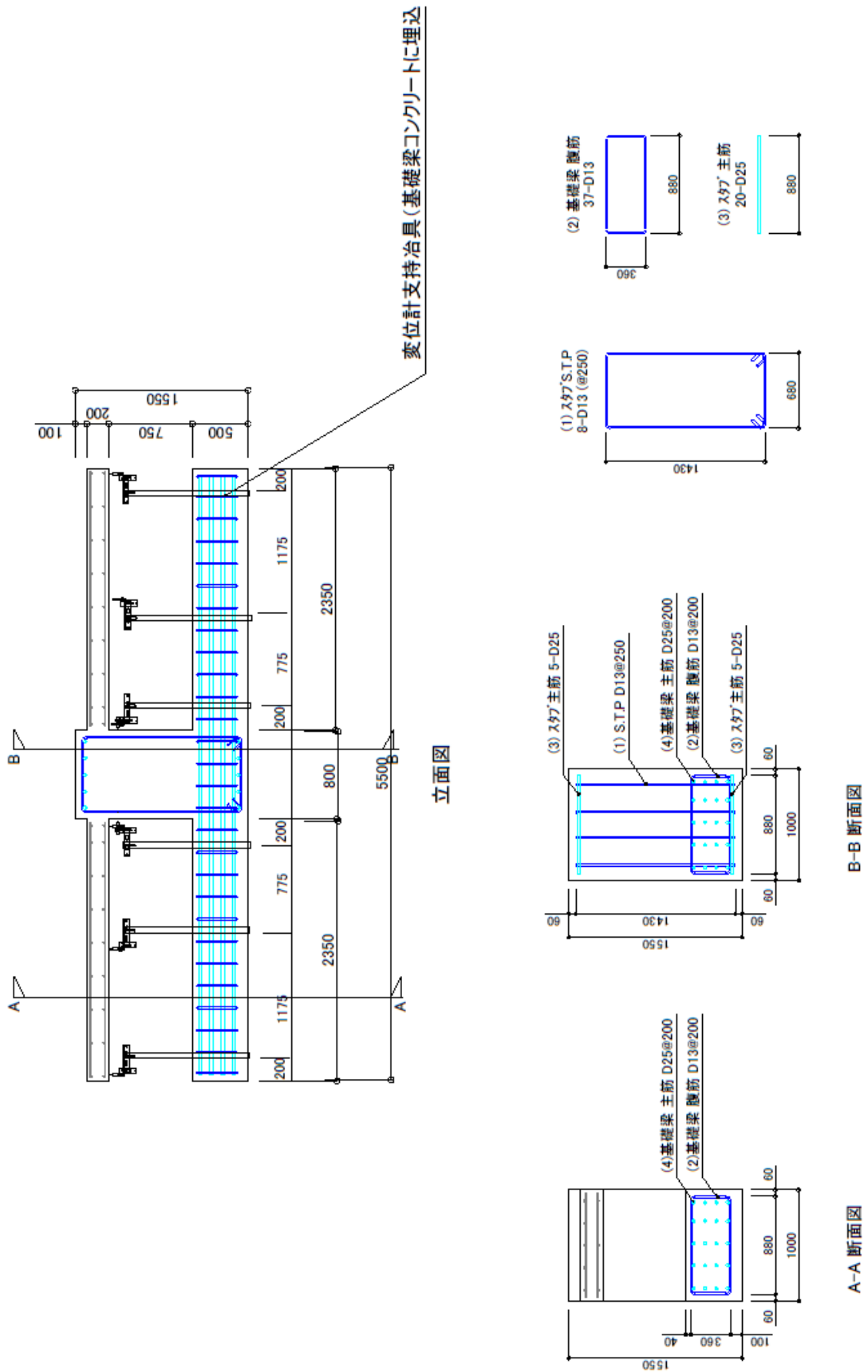


図 4.4.2.10 基礎梁および梁の配筋図 (CA, CB 試験体)

表 4.4.2.6 コンクリート材料試験結果

床スラブ 平成 28 年 1 月 18 日打設 : ”---“は不測定あるいは測定不能 ヤング係数は 1/3 割線剛性値

材齢 (週)	番号 (No.)	直径 (mm)	整形後高さ (mm)	高さ 直径	質量 (g)	かさ比重 (g/cm ³)	最大荷重 (kN)	圧縮強さ (kN)	ヤング係数 (×10 ⁴ N/mm ²)
4 週	1	100.2	199.3	1.99	3497	2.23	166	21.1	---
	2	100.1	199.2	1.99	3470	2.21	171	21.8	---
	3	100.4	199.5	1.99	3500	2.22	175	22.1	---
13 週	1	100.20	200.40	2.00	3505	2.22	208	26.4	3.93
	2	100.20	201.20	2.01	3522	2.22	196	24.9	2.68
	3	100.10	201.30	2.01	3520	2.22	201	25.6	3.32
26 週	1	100.30	199.20	1.98	3476	2.21	225	28.5	---
	2	100.20	200.10	2.00	3488	2.21	227	28.8	3.14
	3	100.40	199.60	1.99	3475	2.20	229	29.0	2.78
103 週	1	100.17	200.68	2.00	3465	2.19	256	32.6	2.65
	2	100.04	198.98	1.98	3425	2.19	266	33.8	2.91
	3	100.22	199.77	1.99	3460	2.20	271	34.4	2.84

スタブ 平成 27 年 12 月 19 日打設 : ”---“は不測定あるいは測定不能 ヤング係数は 1/3 割線剛性値

材齢 (週)	番号 (No.)	直径 (mm)	整形後高さ (mm)	高さ 直径	質量 (g)	かさ比重 (g/cm ³)	最大荷重 (kN)	圧縮強さ (kN)	ヤング係数 (×10 ⁴ N/mm ²)
4 週	1	99.9	197.8	1.98	3560	2.30	190	24.3	---
	2	100.0	198.2	1.98	3609	2.32	195	24.8	---
	3	99.7	197.7	1.98	3596	2.33	178	22.8	---
13 週	1	100.20	198.00	1.98	3505	2.29	216	27.5	2.40
	2	99.80	198.30	1.99	3522	2.28	223	28.5	2.33
	3	100.20	198.90	1.99	3520	2.30	214	27.1	2.19
26 週	1	100.01	199.58	2.00	3528	2.25	238	30.3	2.48
	2	100.03	199.33	1.99	3533	2.26	258	32.8	2.30
	3	100.15	200.13	2.00	3533	2.24	256	32.5	2.31
108 週	1	100.27	198.59	1.98	3535	2.26	303	38.3	2.81
	2	100.16	197.79	1.97	3520	2.26	309	39.3	2.93
	3	100.21	199.06	1.99	3535	2.25	302	38.3	2.79

基礎梁 平成 27 年 12 月 11 日打設 : ”---“は不測定あるいは測定不能 ヤング係数は 1/3 割線剛性値

材齢 (週)	番号 (No.)	直径 (mm)	整形後高さ (mm)	高さ 直径	質量 (g)	かさ比重 (g/cm ³)	最大荷重 (kN)	圧縮強さ (kN)	ヤング係数 (×10 ⁴ N/mm ²)
4 週	1	100.4	201.3	2.01	3645	2.29	372	47.0	---
	2	100.2	200.9	2.01	3633	2.29	356	45.1	---
	3	100.4	200.1	1.99	3639	2.30	372	47.0	---
13 週	1	100.05	201.98	2.02	3678	2.32	379	48.2	2.90
	2	100.05	201.11	2.01	3652	2.31	385	49.0	2.87
	3	100.05	200.86	2.01	3631	2.30	380	48.3	2.97
26 週	1	100.07	201.45	2.01	3613	2.28	358	45.5	2.94
	2	100.17	200.25	2.00	3588	2.27	423	53.7	3.01
	3	100.07	201.42	2.01	3608	2.28	423	53.8	1.60
109 週	1	100.08	201.41	2.01	3605	2.28		60.7	3.21
	2	100.17	200.92	2.01	3610	2.28		58.1	3.57
	3	100.16	201.19	2.01	3620	2.28		59.3	3.58

表 4.4.2.7 鉄筋材料試験結果

D10 異形鉄筋(SD295A)

番号 (No.)	公称断面積 (mm ²)	上降伏点応力度 (N/mm ²)	下降伏点応力度 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	破断伸び (%)	ヤング係数 (×10 ⁵ N/mm ²)
1	71.33	368.1	346.8	491	20	1.74
2	71.33	366.6	355.8	469	14	1.50
3	71.33	371.9	350.3	493	18	1.79

D13 異形鉄筋(SD295A)

番号 (No.)	公称断面積 (mm ²)	上降伏点応力度 (N/mm ²)	下降伏点応力度 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	破断伸び (%)	ヤング係数 (×10 ⁵ N/mm ²)
1	126.7	362.3	344.1	491	22	1.79
2	126.7	359.9	344.9	489	23	1.78
3	126.7	359.1	344.1	488	22	1.79

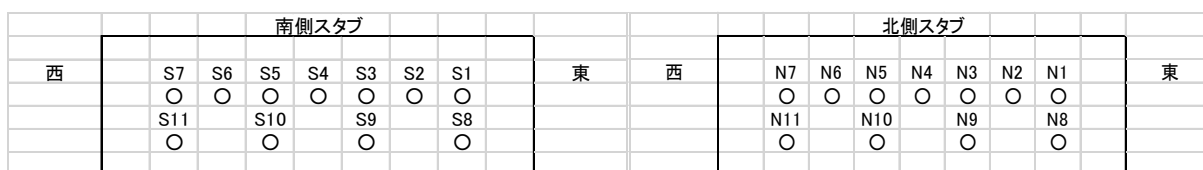
接着系あと施工アンカー施工時の穿孔穴径、深さ、アンカー筋長さ、埋込み長さ、勾配を表4.4.2.8に示す。

表4.4.2.8 接着系あと施工アンカー施工時の穿孔穴径、深さ、アンカー筋長さ、埋込み長さ、勾配

単位:mm											
AH:南側	上端筋							下端筋			
番号は、手前(東)から	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
内径奥(平行)	16.2	16.2	16.1	16.2	16.3	16.4	16.2	16.1	16.1	16.0	16.4
内径奥(直角)	16.5	16.5	16.3	16.5	16.1	16.4	16.4	16.4	16.1	16.1	16.4
内径手前(平行)	16.3	16.3	16.9	16.3	16.3	16.3	16.3	16.4	16.5	16.7	16.5
内径手前(直角)	16.5	16.3	16.8	16.4	16.1	16.2	16.4	16.5	16.3	16.5	16.3
単位:mm											
深さ	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
	162.3	162.3	162.3	162.7	162.2	161.0	162.7	98.0	97.8	97.7	96.5
単位:°											
勾配	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
スラブ面に平行方向	88.3	89.7	90.9	91.0	91.3	91.2	91.7	90.8	89.2	89.8	90.9
スラブ面に直角方向	91.2	92.5	91.9	90.7	90.5	90.2	90.9	88.7	90.9	92.4	89.5
単位:mm											
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
アンカー筋の全長	770	772	772	770	770	771	768	709	708	708	708
アンカー筋の出長さ	610	610	613	618	611	615	609	612	613	614	613
埋め込み長さ	160	162	159	152	159	156	159	97	95	94	95
単位:°											
アンカー筋勾配	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
スラブ面に平行方向	91.4	91.2	92.3	92	92.6	92	92.3	---	---	---	---
スラブ面に直角方向	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
測定不可											
単位:mm											
AH:北側	上端筋							下端筋			
番号は、手前(東)から	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11
内径奥(平行)	16.4	16.1	16.2	16.3	16.0	16.0	16.0	16.1	16.2	16.2	16.3
内径奥(直角)	16.1	16.2	16.2	15.9	16.3	16.2	16.1	16.1	16.2	16.3	16.4
内径手前(平行)	16.7	16.3	16.4	16.5	16.7	16.5	16.2	16.3	16.6	16.2	16.0
内径手前(直角)	16.3	16.3	16.5	16.4	16.9	16.4	16.7	16.5	16.8	16.7	16.6
単位:mm											
深さ	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11
	160.5	161.4	161.2	162.1	162.0	162.3	159.3	96.7	96.6	97.1	96.4
単位:°											
勾配	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11
スラブ面に平行方向	90.9	91.1	89.5	90.6	90.5	92.1	88.3	91.2	91.2	90.7	89.9
スラブ面に直角方向	91.1	89.2	90.4	92.2	90.9	93.0	90.9	92.1	89.1	89.1	89.6
単位:mm											
	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11
アンカー筋の全長	772	774	771	774	771	771	774	710	710	708	709
アンカー筋の出長さ	612	613	617	624	612	608	609	610	610	608	610
埋め込み長さ	160	161	154	150	159	163	165	100	100	100	99
ゲージ											
単位:°											
アンカー筋勾配	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11
スラブ面に平行方向	90.1	---	91.4	---	90.1	91.6	91.1	---	---	---	---
スラブ面に直角方向	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
測定不可											

表 4.4.2.8 接着系あと施工アンカー筋施工時の穿孔穴径，深さ，アンカー筋長さ，埋込み長さ，勾配(続き)

単位:mm												
CA	上端筋							下端筋				
番号は手前(東)から	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	
内径奥(平行)	15.7	16.2	16.5	16.1	16.0	16.5	15.8	16.3	16.1	16.3	16.4	
内径奥(直角)	16.1	15.9	16.5	16.1	15.9	16.3	16.1	16.1	16.5	16.3	16.4	
内径手前(平行)	16.0	16.4	16.3	16.6	16.7	15.9	16.4	16.5	16.0	16.5	15.9	
内径手前(直角)	16.2	16.1	16.3	16.3	16.7	16.1	16.2	16.5	16.0	16.5	16.0	
単位:mm												
深さ	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	
	160.5	161.7	161.4	161.6	162.2	161.2	160.5	97.1	97.2	96.7	97.6	
単位:°												
勾配	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	
スラブ面に平行方向	91.3	90.0	89.0	89.0	89.6	89.5	89.4	91.7	91.9	88.4	89.3	
スラブ面に直角方向	91.2	91.3	90.0	91.0	93.3	89.9	90.3	93.1	90.2	90.9	87.7	
単位:mm												
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	
アンカー筋の全長	773	771	772	772	772	773	773	710	710	710	710	
アンカー筋の出長さ	611	612	610	612	609	613	610	617	613	615	611	
埋め込み長さ	162	159	162	160	163	160	163	93	97	95	99	
ゲージ 単位:°												
アンカー筋勾配	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	
スラブ面に平行方向	89.8	---	91.9	---	91	90.7	91	---	---	---	---	
スラブ面に直角方向	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
測定不可												



4-4-2-4 加力・測定方法

(1) 水平変位・鉛直変位測定

試験体の水平変位・鉛直変位における測定位置図を図 4.4.2.11, 図 4.4.2.12 に示す。各試験体のスラブの鉛直変位および，スタブの回転を確認するため，基礎梁に固定した固定治具に変位計を取り付け，それぞれの鉛直変位および水平変位を測定する。

スラブとスタブとの回転を測定するため，スタブから張り出した固定治具に変位計を取り付け，スタブから 50 mm 離れた位置のスラブの鉛直変位を測定する(図 4.4.2.11, 図 4.4.2.12 参照)。

測定は，電気式変位計にて測定する。変位測定装置および水平変位測定位置図を図 4.4.2.13(測定番号：17, 18)に示す。

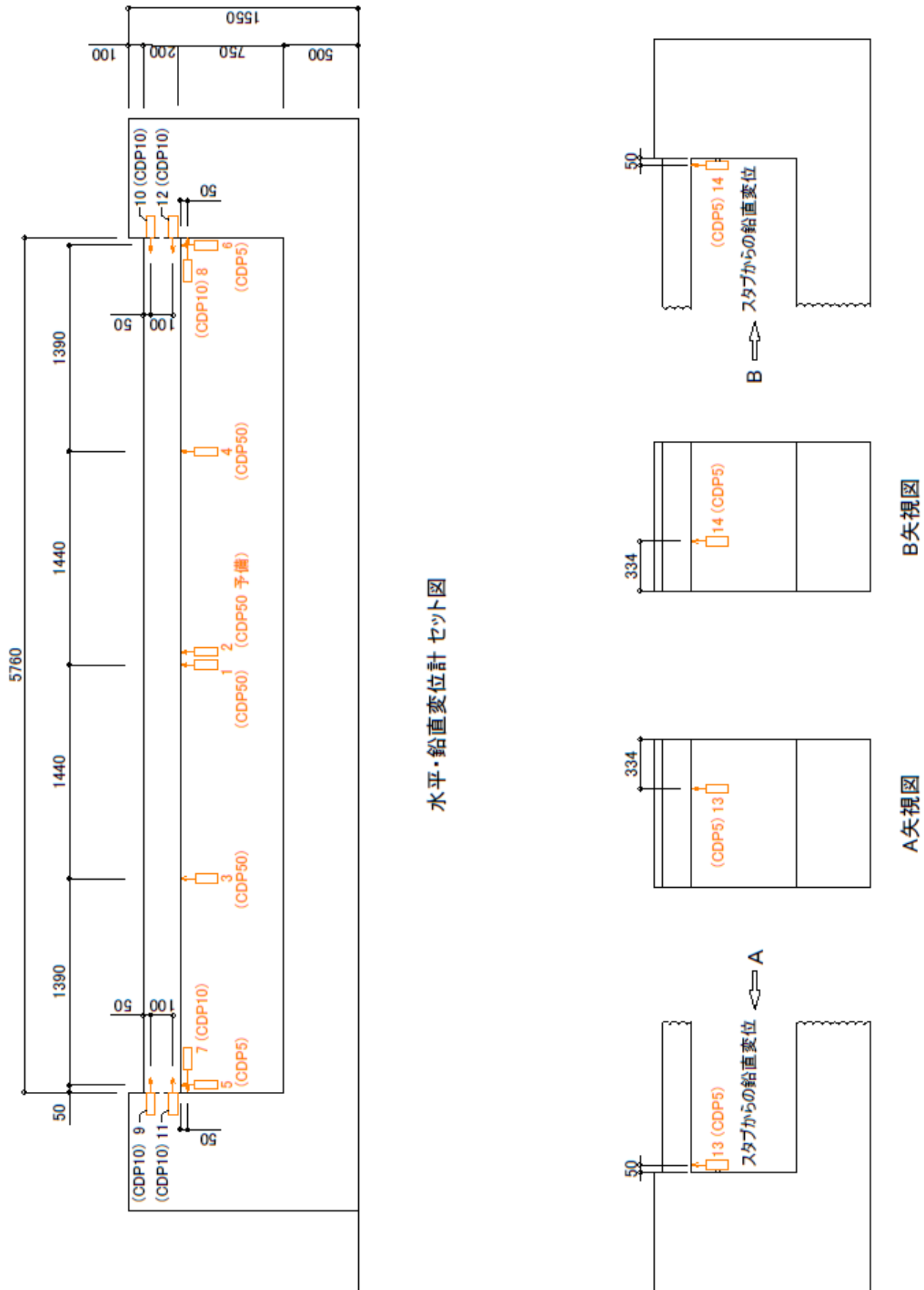


図 4.4.2.11 水平・鉛直変位測定位置図 (AH, BA 試験体)

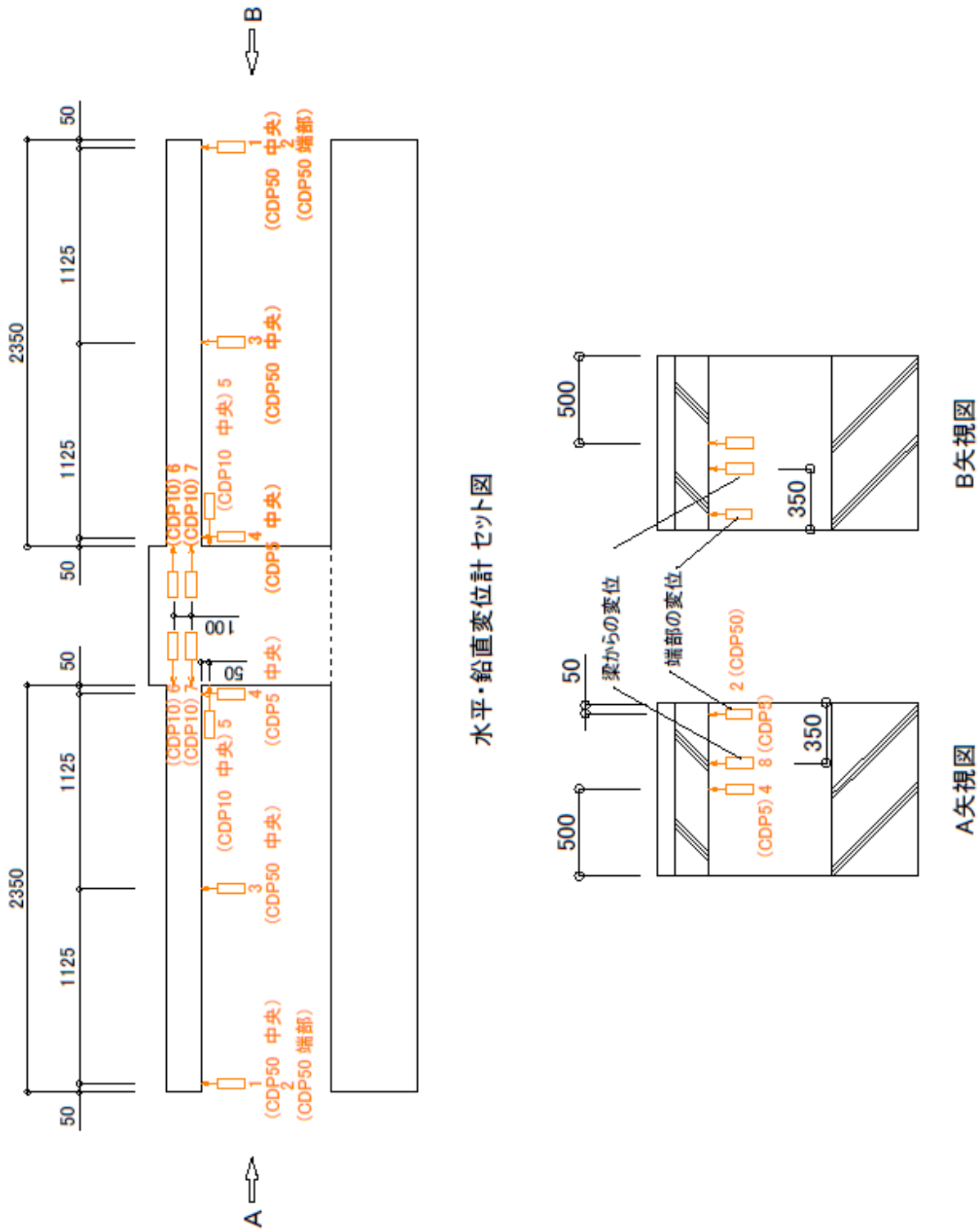


図 4.4.2.12 水平・鉛直変位測定位置図(CA, CB 試験体)

(2) スラブ水平変位測定

スラブに発生するひび割れ(発生時期, ひび割れ幅, 間隔), コンクリートの乾燥収縮, ひび割れによる鉄筋の拔出し, クリープなど, スラブの長期たわみの時間的変化を詳細に捉えるため, スラブ上面に 950 mm を基準長さとした石英棒を用いた測定用器具に変位計を取付けて水平変位を測定する。変位測定装置および水平変位測定位置図を図 4.4.2.13(測定番号: 17,18)に示す。

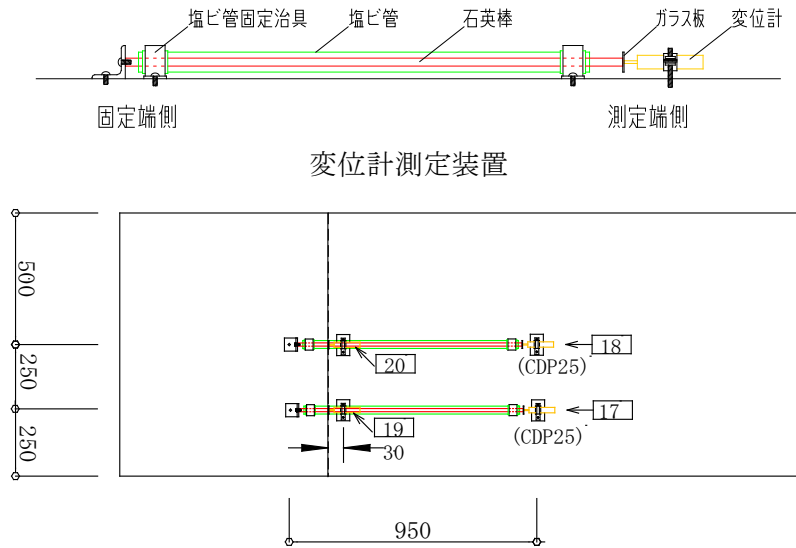


図 4.4.2.13 水平変位測定位置図

(3) スラブとスタブの打継ぎ部の水平変位測定

スラブとスタブの打ち継ぎ部の水平方向の変位測定を行い, 打ち継ぎ部の目開き量を測る(図 4.4.2.14 参照)。

測定位置は, 図 4.4.2.13 の「測定番号: 19, 20」に示す位置である。

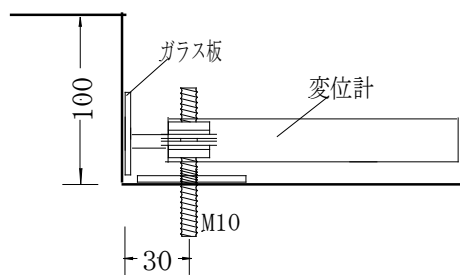


図 4.4.2.14 打ち継ぎ部の水平変位測定

(4) 鉄筋ひずみ測定

試験体のスラブ上端筋, 下端筋, アンカー筋およびスラブ上端定着筋のひずみを測定する。鉄筋のひずみ測定位置を図 4.4.2.15~図 4.4.2.18 に示す。

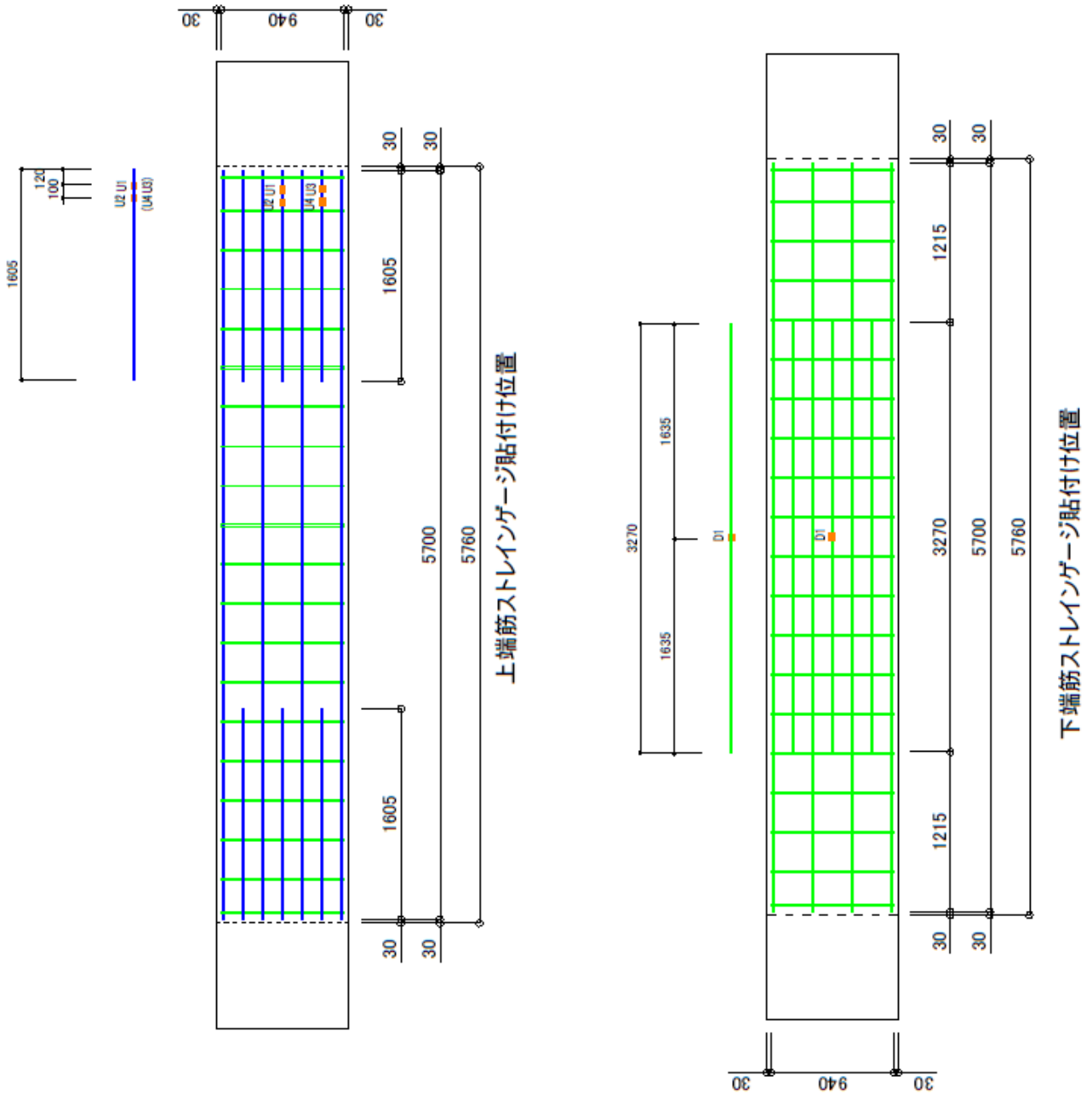


図 4.4.2.15 鉄筋(スラブ筋)ひずみ測定位置(AH, BA 試験体)

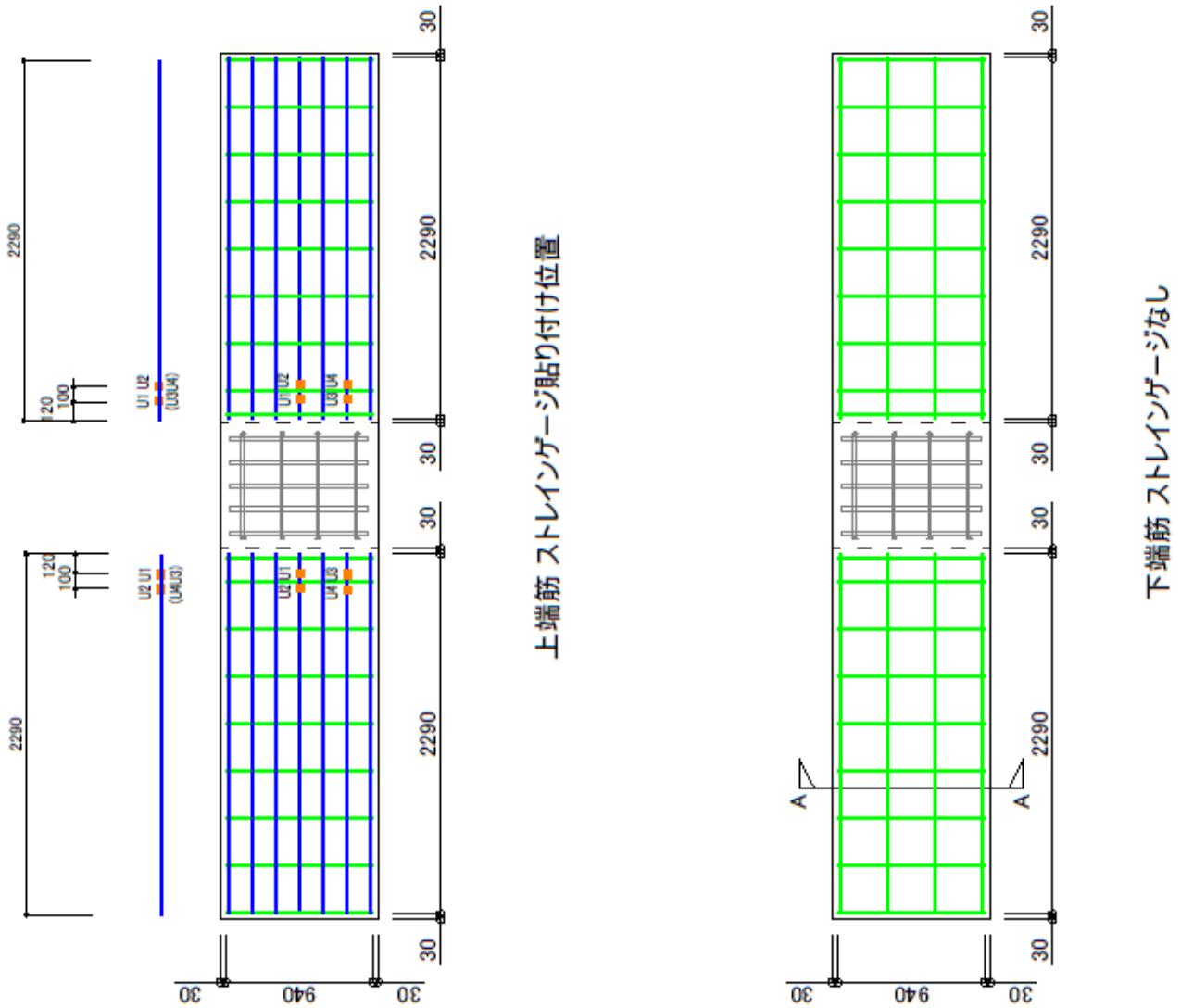


図 4.4.2.16 鉄筋(スラブ筋)ひずみ測定位置(CA, CB 試験体)

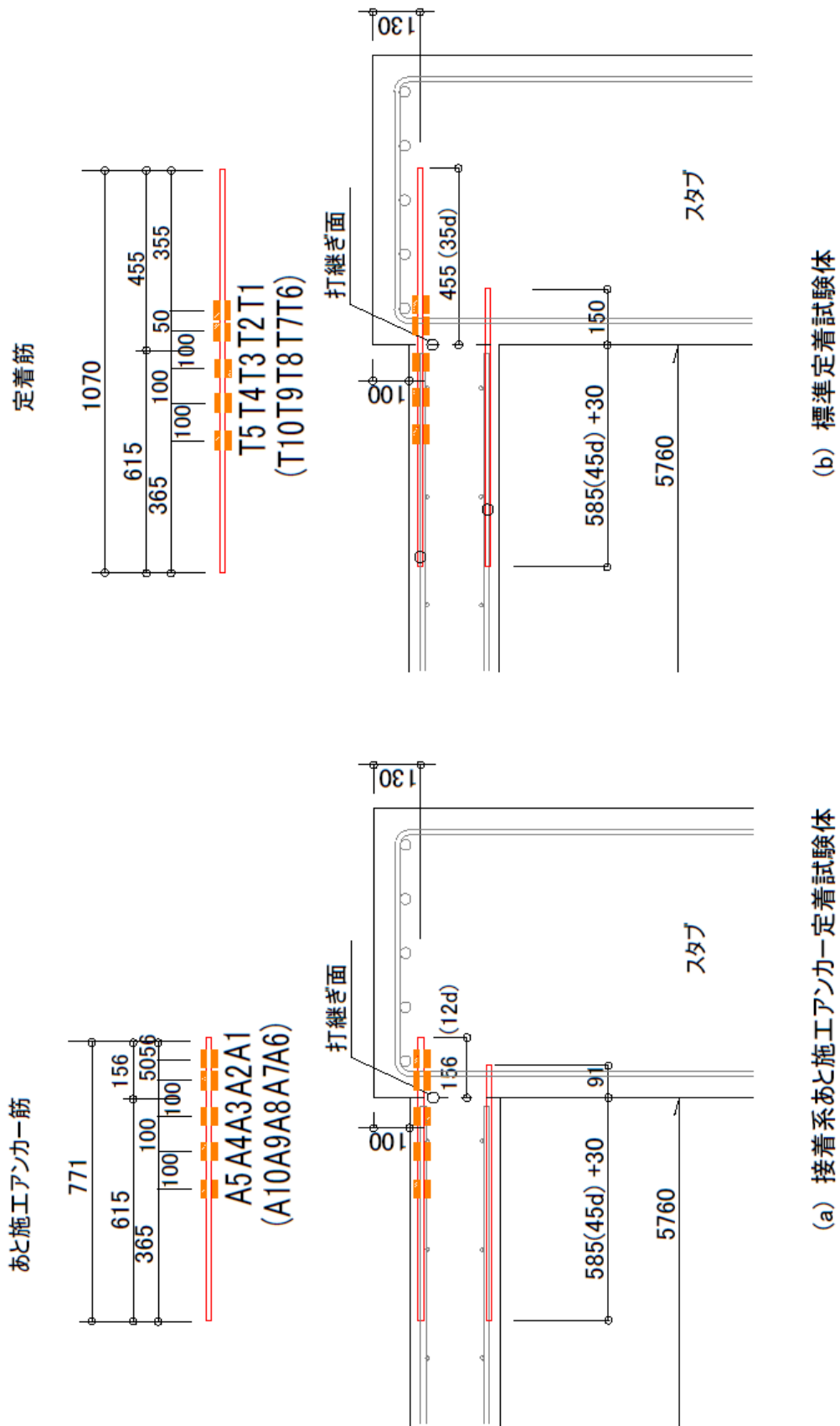


図 4.4.2.17 鉄筋(あと施工アンカー筋, 定着筋)ひずみ測定位置(AH, BA 試験体)

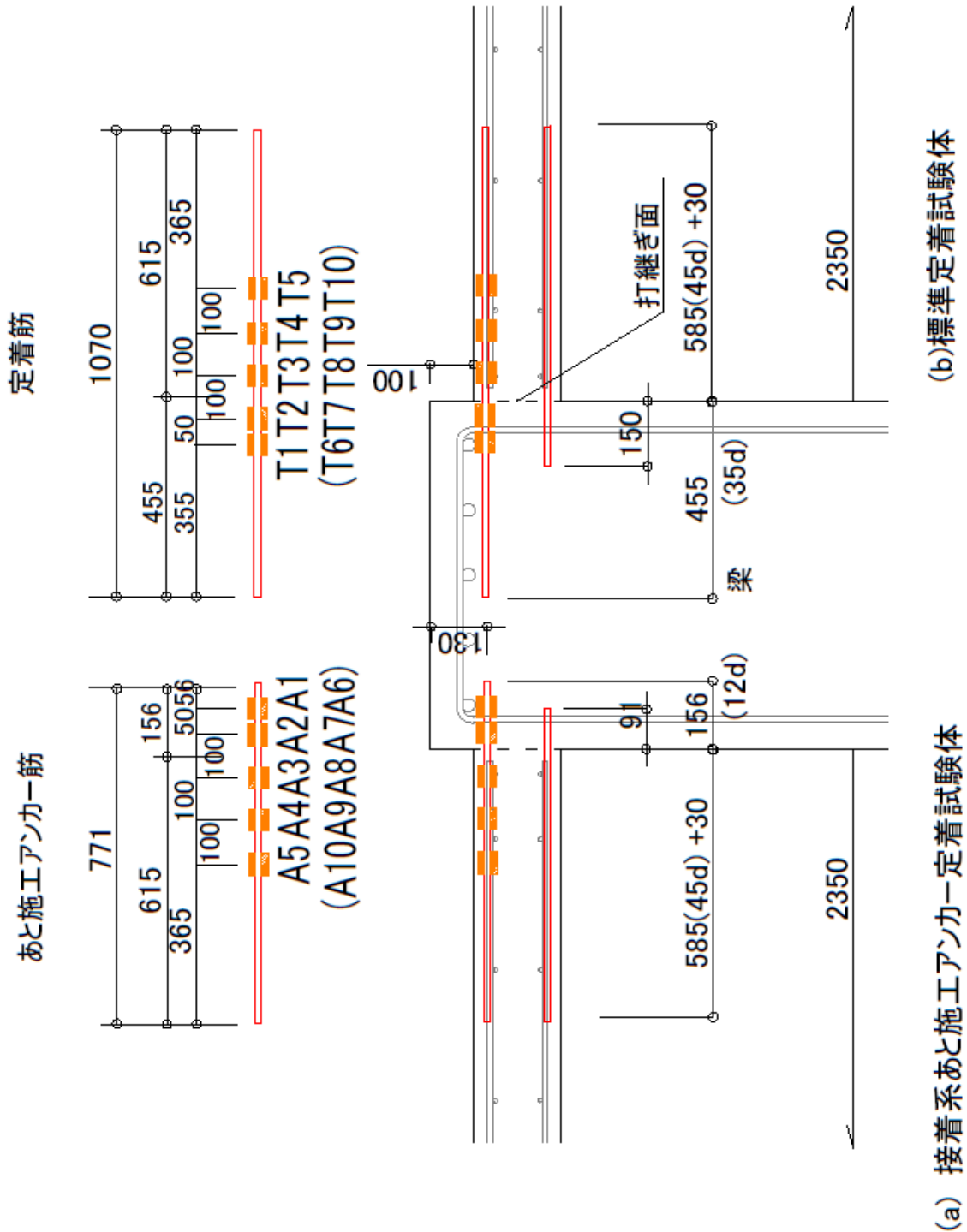


図 4.4.2.18 鉄筋(あと施工アンカー筋, 定着筋)ひずみ測定位置(CA, CB 試験体)

(5) スラブ振動測定

スラブ載荷前および載荷後の経過に合わせて振動実験を行い、振幅値、周波数ならびに、減衰定数の変化から剛性の変化等を確認する。

加振は、インパクトボールを高さ1mで落下し、試験体を振動させ、加速度応答の測定を行う。打撃位置はピックアップの位置から約150mmの位置とする。測定頻度は、支保工撤去後、鉄筋載荷直後、載荷後2週、4週、13週、半年、1年、1.5年、2年に行う。

平成29年度は、「鉄筋載荷後1年半」として平成29年8月9日に、「鉄筋載荷後2年」として平成30年2月9日に振動実験と測定を行った。

(6) 乾燥収縮による基本物性の把握

コンクリートの乾燥収縮などの物性を確認するため、以下に示す基本試験体および供試体によりコンクリートの乾燥収縮ひずみを測定する。

1) 基本試験体

図4.4.2.19に基本試験体形状を示す。基本試験体は、1,000×1,000mm、スラブ厚を200mmの形状とし、スラブ端部の配筋による試験体とする。また、基礎梁の乾燥収縮の状態を確認するために、幅×長さを1,000×1,000mm、厚さを500mmとした試験体も作成する。

スラブ上面に950mmを基準長さとした石英棒を用いた測定用器具に変位計を取付けて水平変位を測定する。

コンクリートのひずみは、埋込み型ひずみ計を、スラブ主筋方向と直交方向に各1ヶ所設置して測定する。

2) JIS規格供試体

供試体は、JIS規格に準拠して100×100×400mmとし、試験体と同様に保管した供試体2体とする。

供試体は、脱型後からは1時間毎とし、支保工撤去直前からは、試験体と同様の測定頻度にて測定を行う。

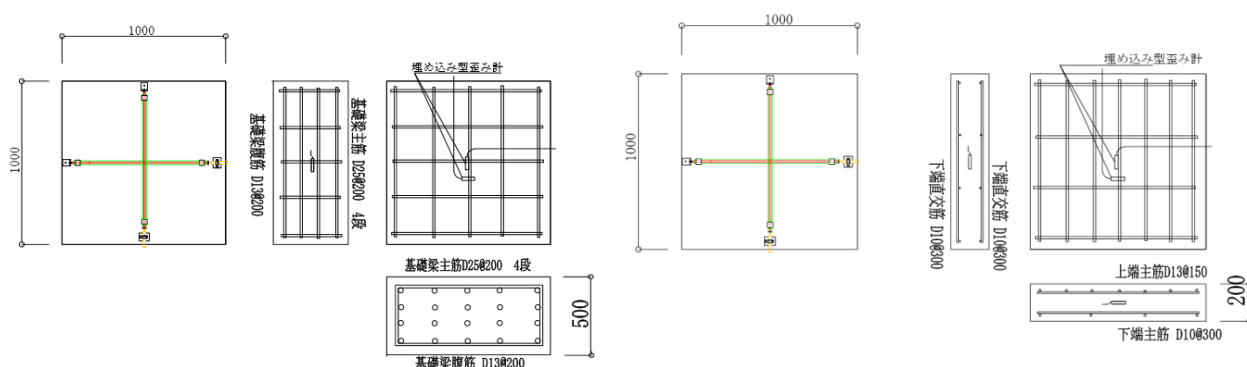


図 4.4.2.19 スラブ および基礎梁基本試験体形状・断面

(7) 載荷計画

荷重は、積載荷重 1.8 kN/m²、仕上げ荷重 0.7 kN/m²の合計 2.5 kN/m²とする。

載荷方法は、鉄筋束を等分布荷重としてスラブ上面に均等に配置する。載荷は、支保工撤去後にスラブ自重のみによる変動を測定後、その直後から載荷を開始する。

(8)測定間隔

各試験体の測定は、支保工撤去直前から実施する。測定間隔を表4.4.2.9に示す。

表 4.4.2.9 測定間隔

経過時間	測定間隔
支保工撤去から積載終了まで	随時
初期値測定後から1週間まで	1時間
1週間後から測定終了まで	6時間

(9)ひび割れの観測

スラブ、スタブに生じたひび割れの観測を行い、図面に記録する。

観測頻度は、支保工撤去前(乾燥収縮)、支保工撤去後(自重)、鉄筋載荷直後、載荷後2週、4週、およびその後は1か月に一度の頻度を目標に鉄筋載荷後2年まで行う。ひび割れ幅も、主なひび割れについて測定する。測定方法は、クラックスケールを用いる。

ひび割れ幅の評価としては、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 付録7」にある方法で算定した結果と比較することにする。

(10)コンクリート強度の測定

コンクリート強度の測定は、圧縮強度をコンクリート打設後、1週、4週(載荷)、13週、半年、2年の時点で行った。ヤング係数は、4週(載荷)、半年、2年の時点で行った。今後は、最終加力時にコンクリート強度とヤング係数の測定を行う予定である。

4-4-3 実験結果

実験の経過報告として、床底板の型枠脱型を行った2016年2月16日から2018年12月21日までの実験結果を以下に示す。

4-4-3-1 試験体の変形

各試験体の中央のたわみ量を図4.4.3.1に示す。載荷開始から約半年間はたわみが増加してきているが、2016年8月以降は増加が落ち着いてきていることが分かる。2017年に入ってからはその傾向が顕著に見られる。これは、あと施工アンカーの使用の有無によらず、ほぼ同じとなっている。

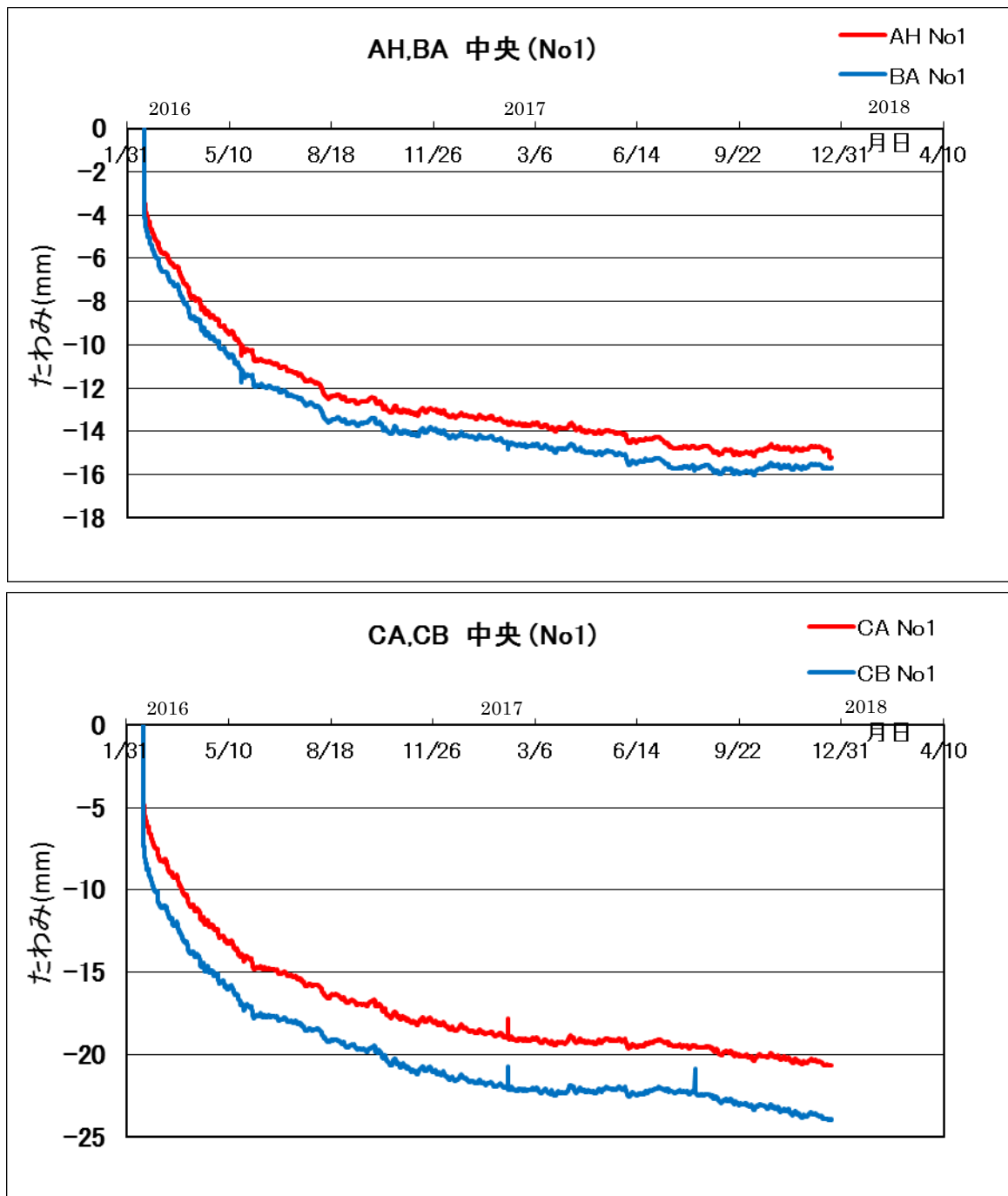


図 4.4.3.1 各試験体の中央のたわみ量

各試験体の試験体全体のたわみを図 4.4.3.2, 図 4.4.3.3 に示す。各試験体のたわみの測定位置は図 4.4.2.11, 図 4.4.2.12 に示す。図 4.4.3.1 と同じく、載荷開始から約半年間はたわみが増加してきているが、2016年8月以降は増加が落ち着いてきていることが分かる。これは、あと施工アンカーの使用の有無によらず、ほぼ同じとなっている。

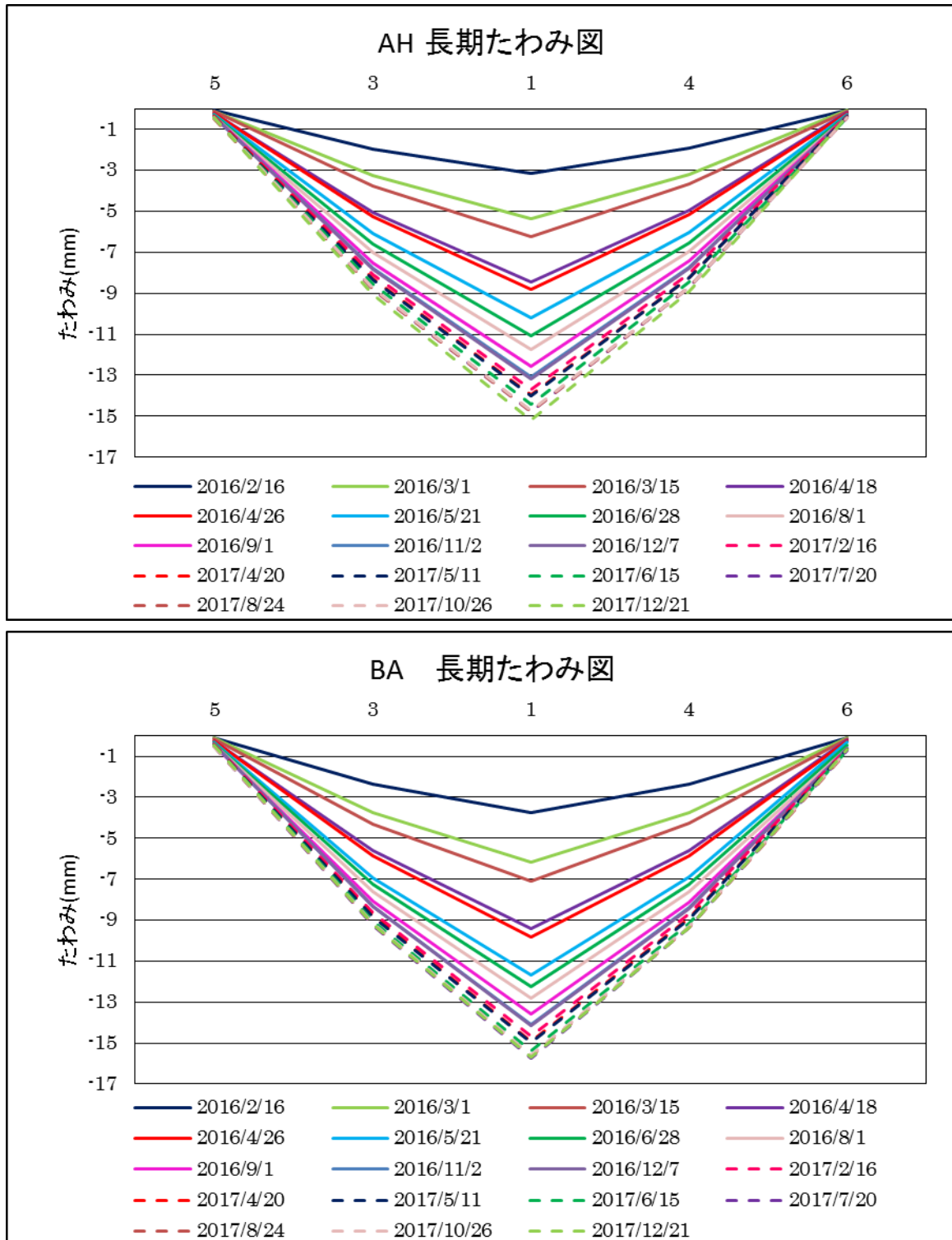


図 4.4.3.2 試験体 AH および試験体 BA の試験体全体の長期たわみ

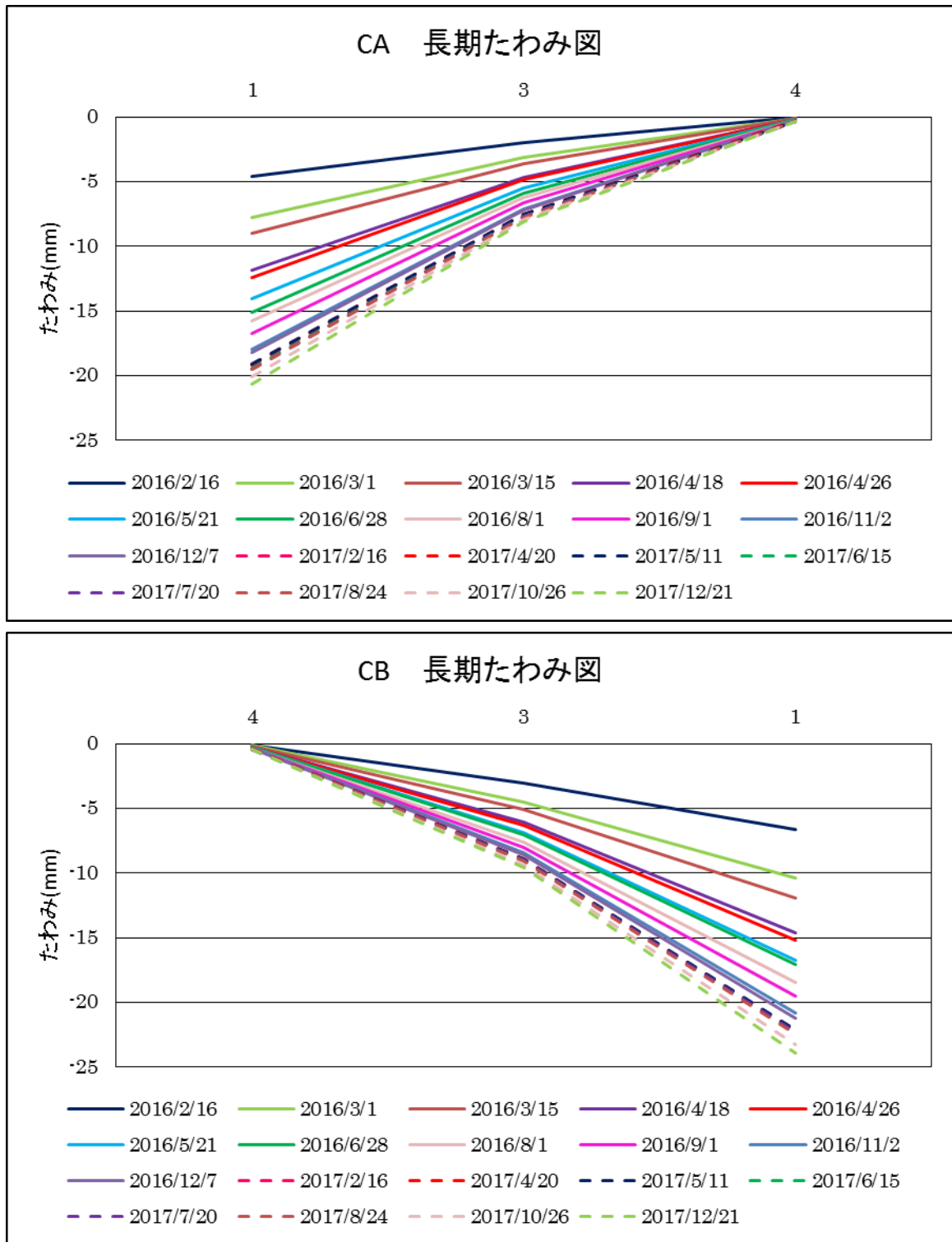


図4.4.3.3 試験体 CA および試験体 CB の試験体全体の長期たわみ

各試験体のスラブ全体の長期たわみの測定値を表 4.4.3.1, 表 4.4.3.2 に示す。各試験体のたわみの測定位置は図 4.4.2.11, 図 4.4.2.12 に示す。試験体 AH および BA については, 4-4-2-2 項の 6) で求めた弾性計算によるたわみの値 $\delta_e = 1.46 \text{ mm}$ に対するたわみ測定位置 1 番(すなわち床スラブ長さ中央位置)での測定値の比(すなわちたわみ増大率 κ に相当)を, あわせて示す。たわみ増大率は $\kappa = 10$ 程度であり, これは, あと施工アンカーの使用の有無によらず, ほぼ同じとなっている。

表 4.4.3.1 各試験体の長期たわみ測定値(単位: mm)

試験体	試験体 AH						試験体 BA					
	測定位置					たわみ増大率 κ	測定位置					たわみ増大率 κ
	5	3	1	4	6		5	3	1	4	6	
2016/2/16	0.0650	1.9650	3.1300	1.9350	0.0575	2.14	0.0750	2.3750	3.7350	2.3600	0.0750	2.56
2016/3/1	0.0935	3.2300	5.3450	3.1850	0.0825	3.66	0.1025	3.7700	6.1700	3.7350	0.1025	4.23
2016/3/15	0.1145	3.7600	6.2450	3.6850	0.1065	4.28	0.1270	4.3000	7.1100	4.2800	0.1295	4.87
2016/4/18	0.2010	5.0350	8.4450	4.9350	0.1900	5.78	0.2240	5.6250	9.4300	5.6100	0.2140	6.46
2016/4/26	0.2225	5.2550	8.8150	5.1500	0.2125	6.04	0.2490	5.8600	9.8350	5.8500	0.2375	6.74
2016/5/21	0.2725	6.0650	10.2250	6.0100	0.2645	7.00	0.3080	6.9300	11.6950	6.9050	0.3005	8.01
2016/6/28	0.3110	6.6100	11.0800	6.5500	0.3130	7.59	0.3585	7.2600	12.2200	7.2350	0.4460	8.37
2016/8/1	0.3600	7.0250	11.7300	6.9550	0.3600	8.03	0.4115	7.5950	12.8100	7.6250	0.5875	8.77
2016/9/1	0.3835	7.5100	12.5700	7.4450	0.3795	8.61	0.4425	8.0550	13.6000	8.1200	0.6345	9.32
2016/11/2	0.3645	7.8000	13.1050	7.7200	0.3485	8.98	0.4115	8.3050	14.0700	8.3850	0.6270	9.64
2016/12/7	0.3500	7.8400	13.1950	7.7650	0.3305	9.04	0.3955	8.3350	14.1300	8.4200	0.6170	9.68
2017/2/16	0.3500	8.1150	13.6850	8.0450	0.3180	9.37	0.3890	8.6150	14.6450	8.7100	0.6075	10.03
2017/4/20	0.3885	8.2950	13.9700	8.2200	0.3595	9.57	0.4330	8.7800	14.9150	8.8750	0.6455	10.22
2017/5/11	0.4075	8.3350	14.0300	8.260	0.3780	9.61	0.4540	8.8350	14.9900	8.9250	0.6630	10.27
2017/6/15	0.4245	8.5550	14.3950	8.4750	0.4005	9.86	0.4780	9.0650	15.3850	9.1650	0.6870	10.54
2017/7/20	0.4470	8.7950	14.7800	8.7200	0.4305	10.12	0.5080	9.2600	15.7250	9.3700	0.7200	10.77
2017/8/24	0.4570	8.7850	14.7550	8.7250	0.4425	10.11	0.5195	9.2250	15.6450	9.3550	0.7475	10.72
2017/10/26	0.4255	8.7600	14.7300	8.7050	0.4040	10.09	0.4795	9.1700	15.5750	9.3150	0.7185	10.67
2017/12/21	0.4210	9.0750	15.2100	8.9200	0.3775	10.42	0.4340	9.2100	15.6800	9.3750	0.6800	10.74

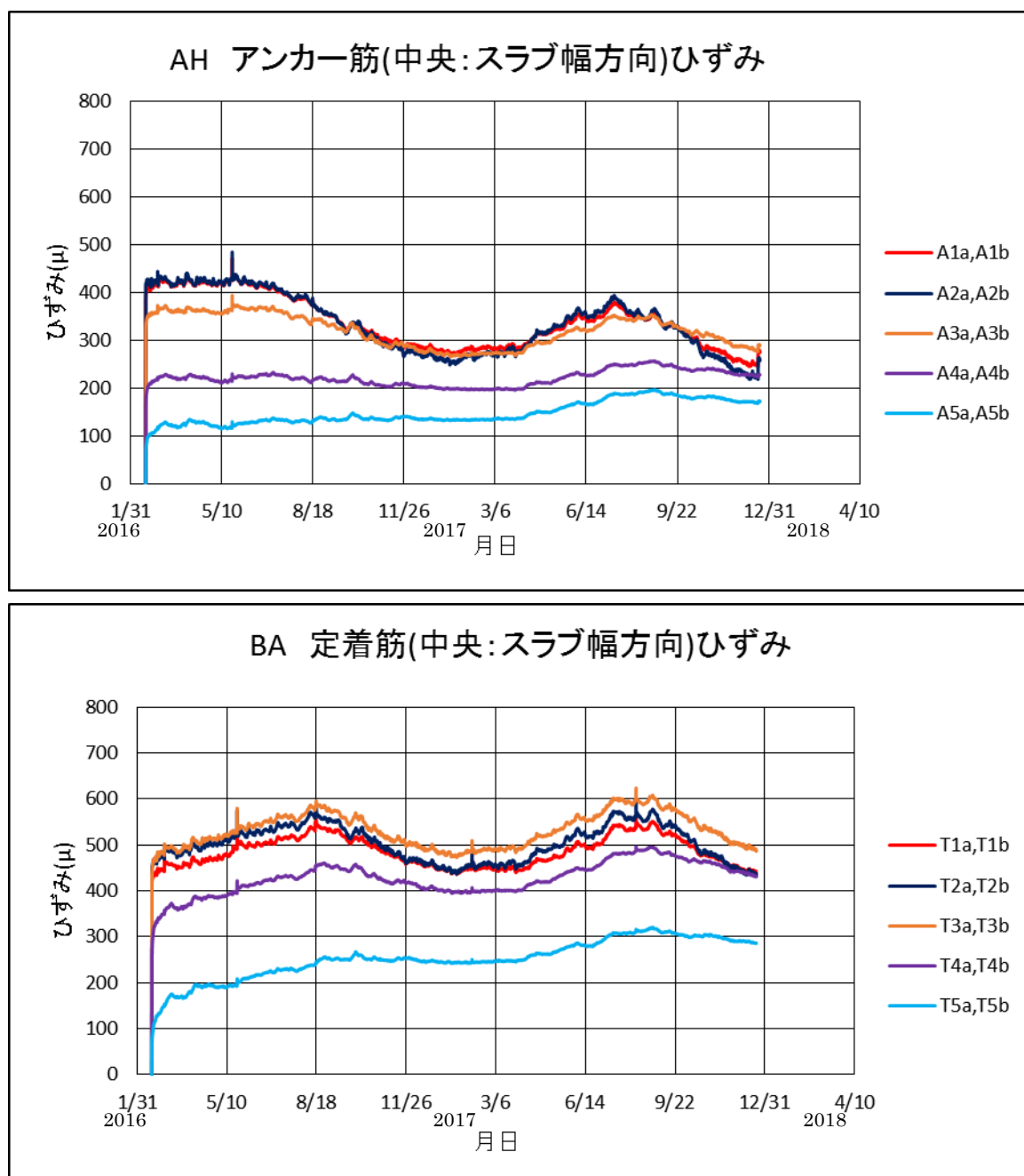
表 4.4.3.2 各試験体の長期たわみ測定値(単位: mm)

試験体	試験体 CA			試験体 CB		
	測定位置			測定位置		
	1	3	4	4	3	1
2016/2/16	4.5850	2.0150	0.0655	0.1035	3.0700	6.6050
2016/3/1	7.7800	3.1650	0.0850	0.1445	-4.5200	10.3800
2016/3/15	9.0350	3.6200	0.1025	0.1735	5.1050	11.9100
2016/4/18	11.8450	4.6450	0.1605	0.2415	6.1050	14.6450
2016/4/26	12.4000	4.8500	0.1740	0.2585	6.3150	15.1950
2016/5/21	14.0500	5.4850	0.2055	0.2955	6.9150	16.7800
2016/6/28	15.1100	5.9250	0.2210	0.3080	7.0400	17.0600
2016/8/1	15.7850	6.2400	0.2645	0.3640	7.6250	18.4850
2016/9/1	16.7650	6.6650	0.2860	0.3880	8.0100	19.5050
2016/11/2	17.9350	7.1200	0.2930	0.3945	8.4650	20.8500
2016/12/7	18.2100	7.2100	0.2880	0.3930	8.5800	21.2300
2017/2/16	19.1200	7.5300	0.2935	0.3995	8.9050	22.1750
2017/4/20	19.2050	7.5700	0.3120	0.4210	8.9450	22.1900
2017/5/11	19.1400	7.5600	0.3220	0.4305	8.9250	22.0900
2017/6/15	19.4550	7.6850	0.3340	0.4455	9.0400	22.3850
2017/7/20	19.5000	7.7100	0.3365	0.4510	9.0350	22.2950
2017/8/24	19.5350	7.7600	0.3500	0.4665	9.1150	22.4300
2017/10/26	20.1050	7.9650	0.3505	0.4680	9.3750	23.2300
2017/12/21	20.6250	8.1200	0.3300	0.4560	9.5800	23.9200

4-4-3-2 あと施工アンカー筋および定着筋のひずみ

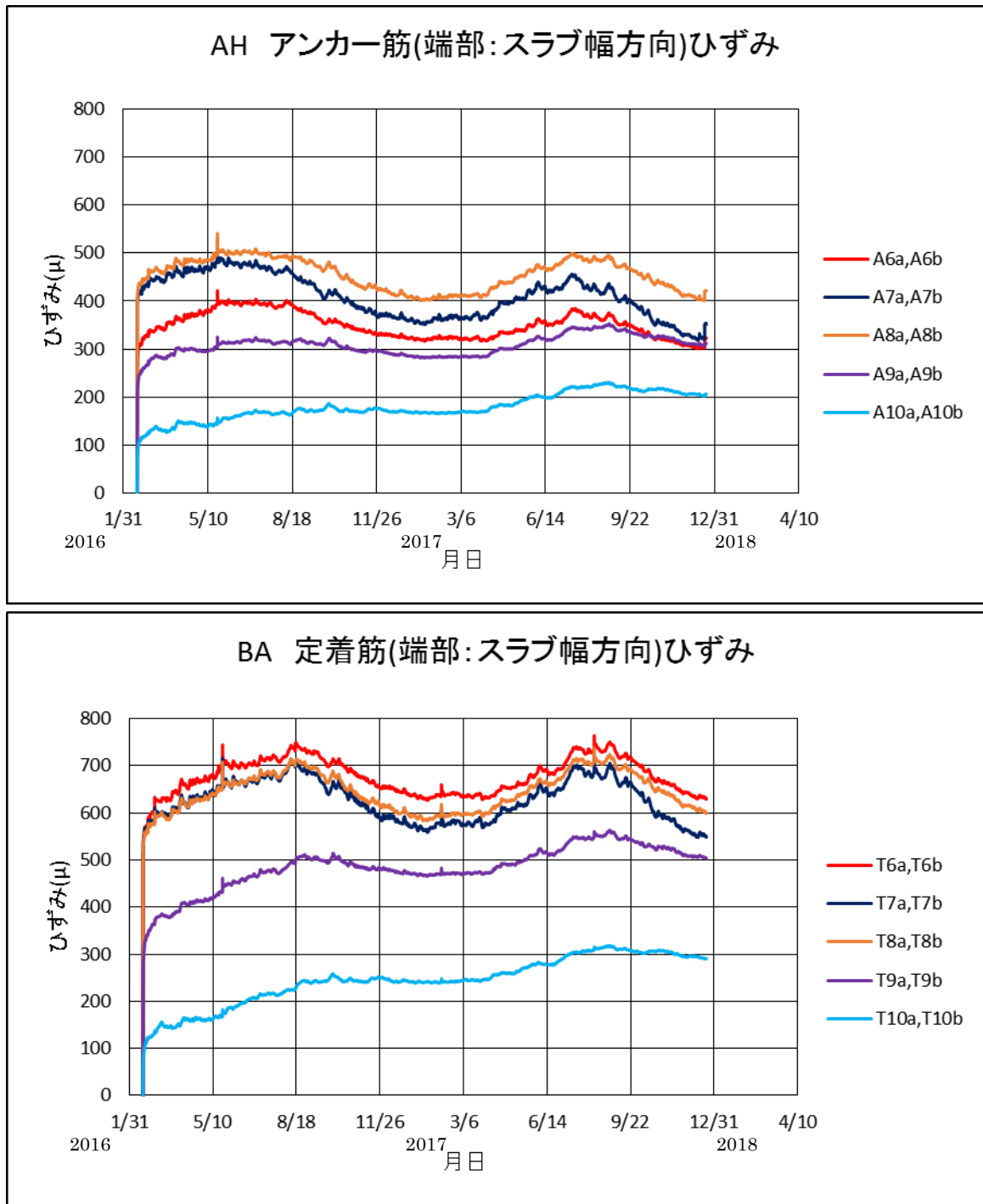
試験体 AH のあと施工アンカー筋および試験体 BA の標準定着筋のひずみを図 4.4.3.4, 図 4.4.3.5 に示す。载荷の瞬間に引張ひずみが生じた後、ひずみ度の値はほぼ一定値のまま推移している。ただし、試験体 AH の一部のひずみゲージの測定値は、8 月以降は緩やかに減少していることが分かる。あと施工アンカーを用いた試験体のひずみ度が、標準定着を用いた試験体のそれらより若干小さかった。減少している原因については、現状では判別できず、あと施工アンカーの抜出しとも考えられない。

ひずみは、各ひずみ測定位置の上下に貼りつけたゲージの平均とした。



(中央：スラブ幅方向)

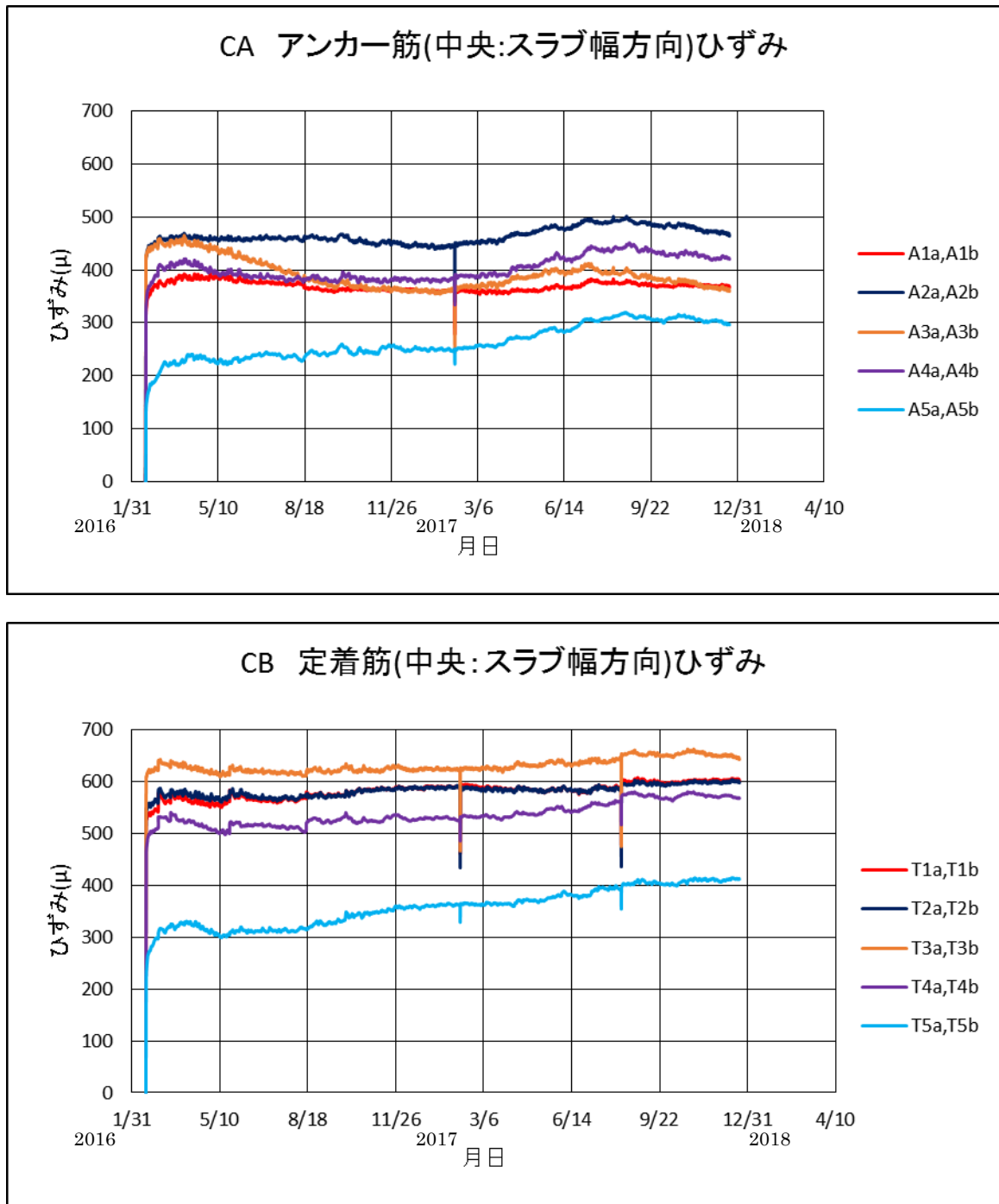
図 4.4.3.4 試験体 AH のあと施工アンカー筋および試験体 BA の標準定着筋のひずみ



(端部：スラブ幅方向)

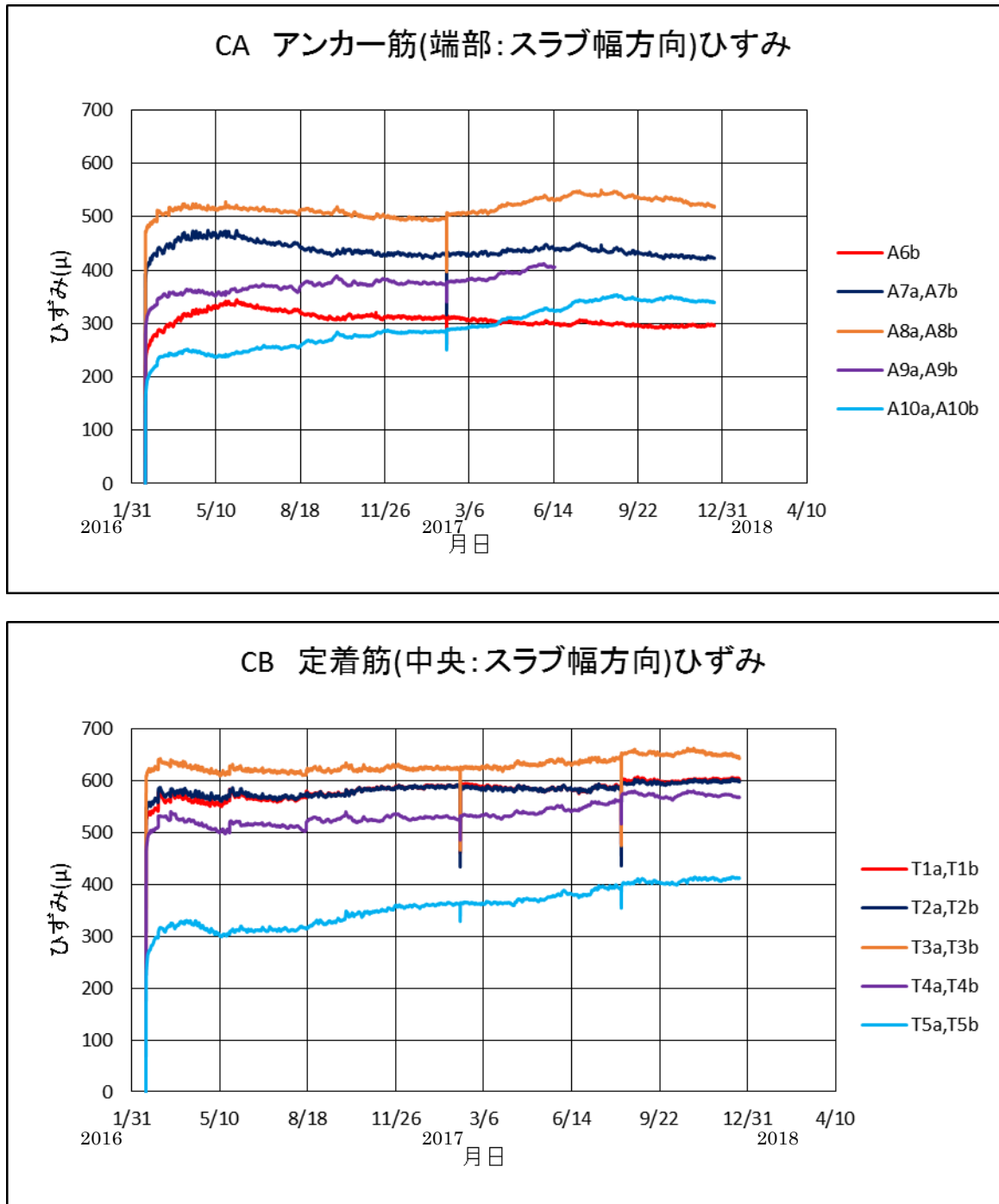
図 4.4.3.5 試験体 AH のあと施工アンカー筋および試験体 BA の標準定着筋のひずみ

試験体 CA のあと施工アンカー筋および試験体 CB の標準定着筋のひずみを図 4.4.3.6, 図 4.4.3.7 に示す。試験体 AH および BA で見られる傾向とほぼ同じ傾向が見られる。



(中央：スラブ幅方向)

図 4.4.3.6 試験体 CA のあと施工アンカー筋および試験体 CB の標準定着筋のひずみ



(端部：スラブ幅方向)

図 4.4.3.7 試験体 CA のあと施工アンカー筋および試験体 CB の標準定着筋のひずみ

4-4-3-3 試験体のひび割れ

各試験体のひび割れ図を図 4.4.3.8, 図 4.4.3.9 および図 4.4.3.10 に示す。ひび割れの発生のパターンについても、あと施工アンカーの使用の有無による違いは見られていない。

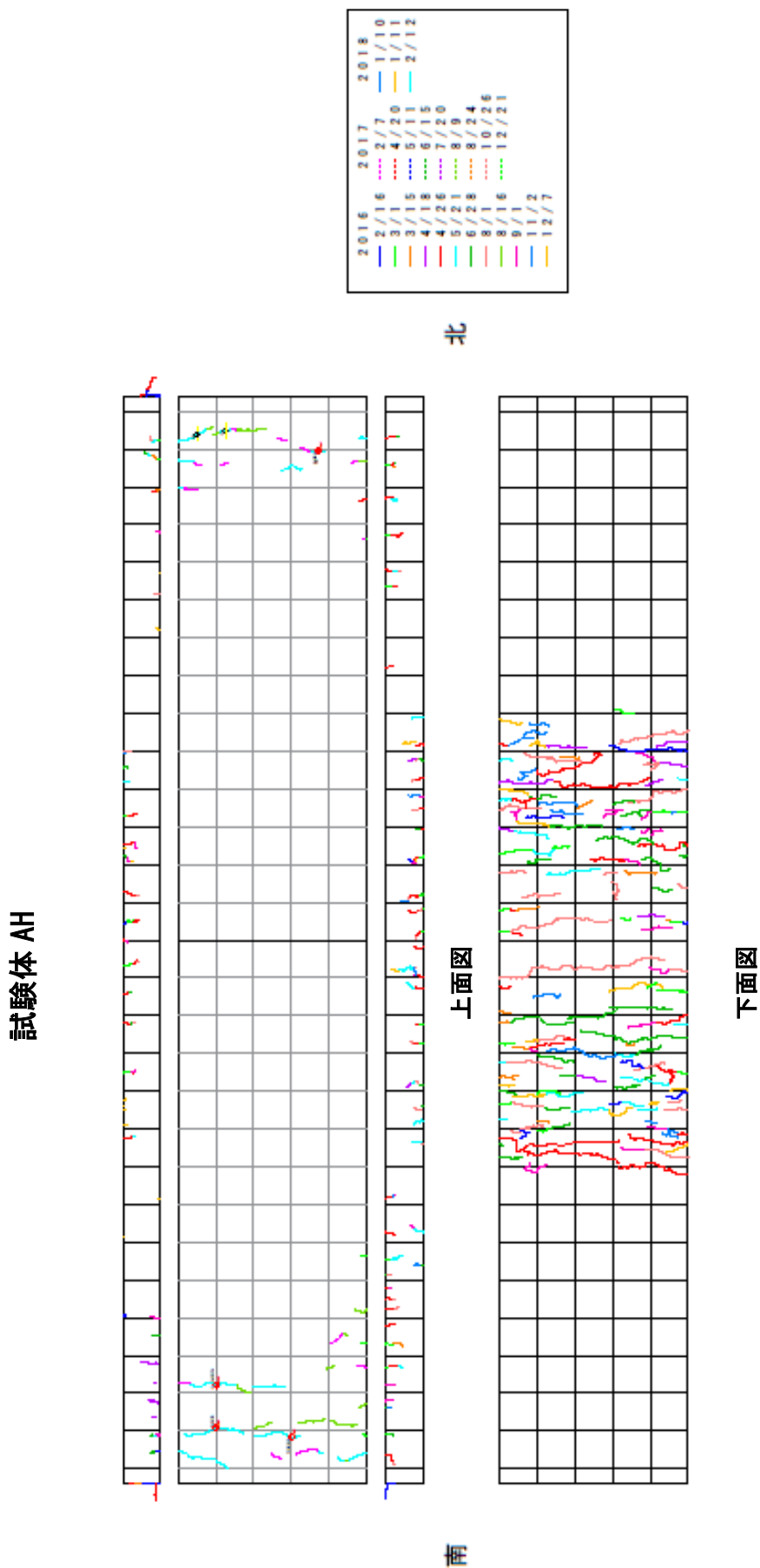


図 4.4.3.8 試験体 AH ひび割れ図

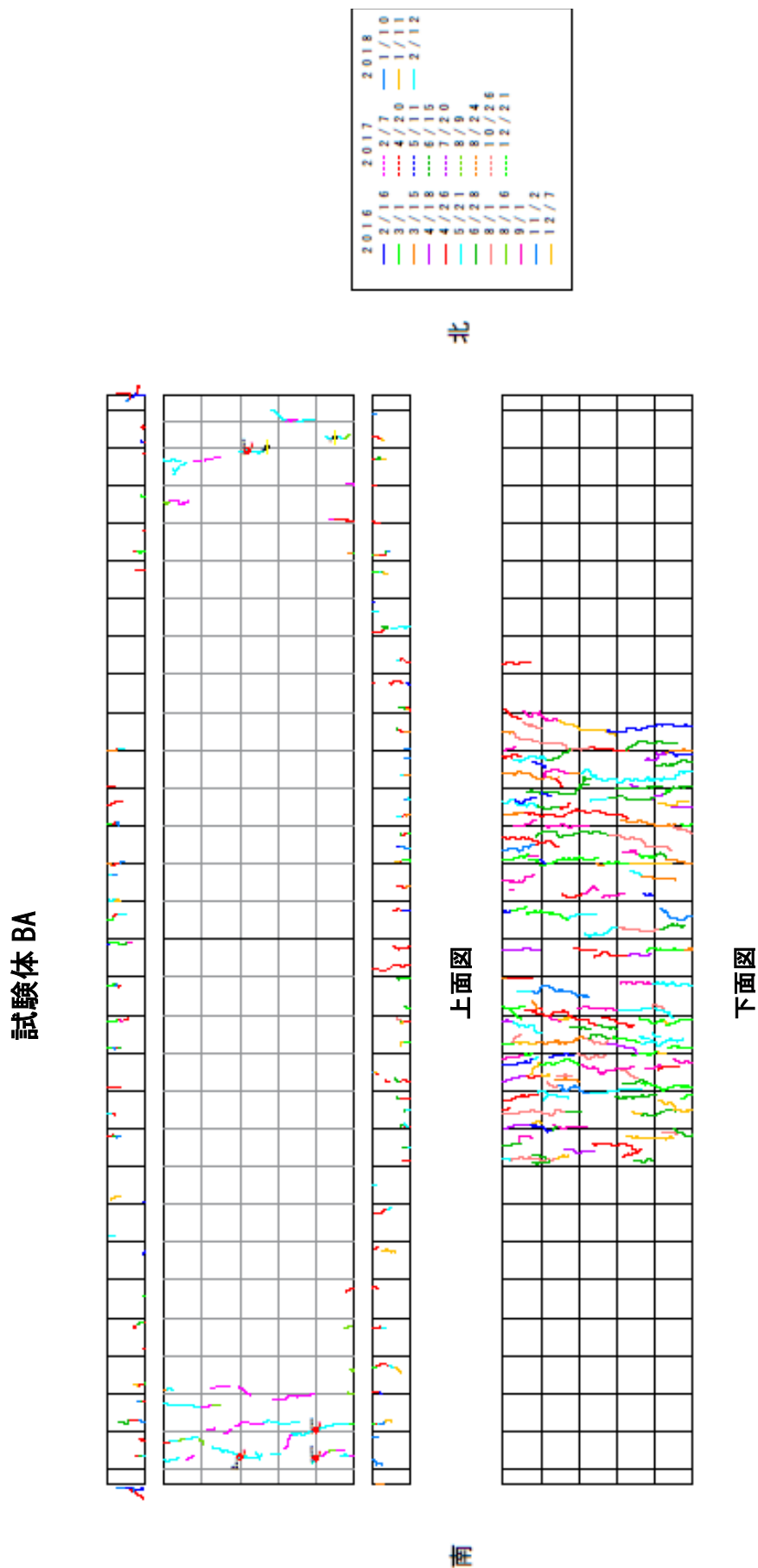


図 4.4.3.9 試験体 BA ひび割れ図

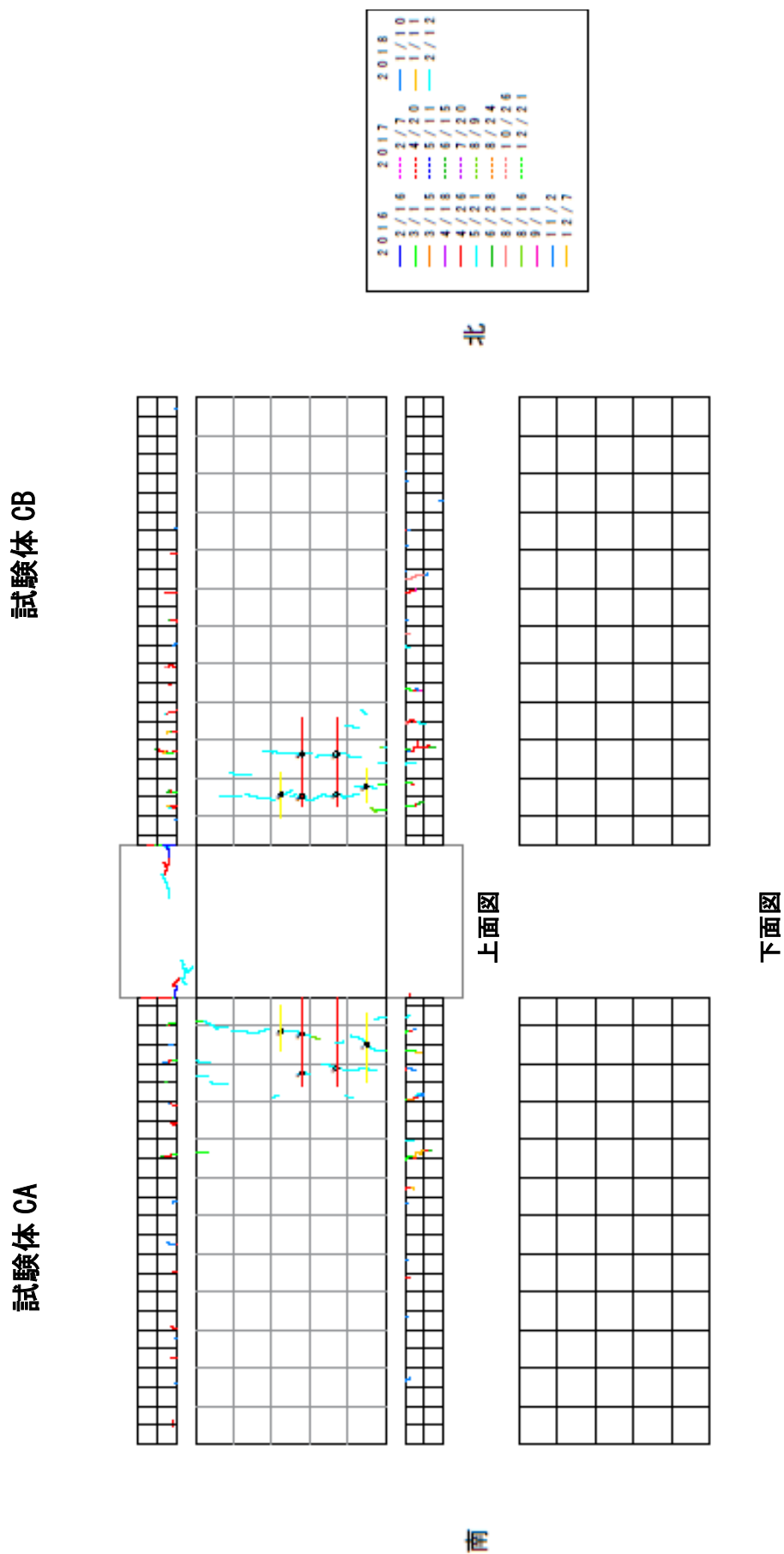
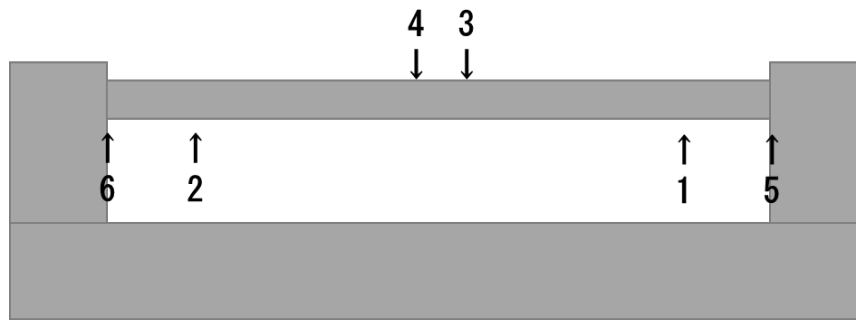
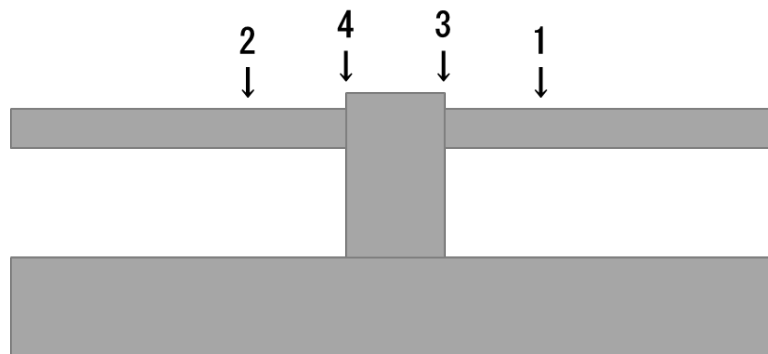


図 4.4.3.10 試験体 CA, CB ひび割れ図

各試験体の目視による観測のひび割れ幅を表4.4.3.3に示す。また、ひび割れ幅の測定位置を図4.4.3.11に示す。AHおよびBA試験体では、位置5番と6番(すなわち床スラブとスタブの打継ぎ部の目開き)で0.4 mmから0.5 mmの幅が生じている。この点において、あと施工アンカーの使用の有無による違いは見られない。CAおよびCB試験体では、位置3番と4番で0.35 mm程度のひび割れが生じており、こちらについてもあと施工アンカーの使用の有無による違いは見られない。



両端固定一方向スラブ (試験体 AH, BA)



片持ちスラブ (試験体 CA, CB)

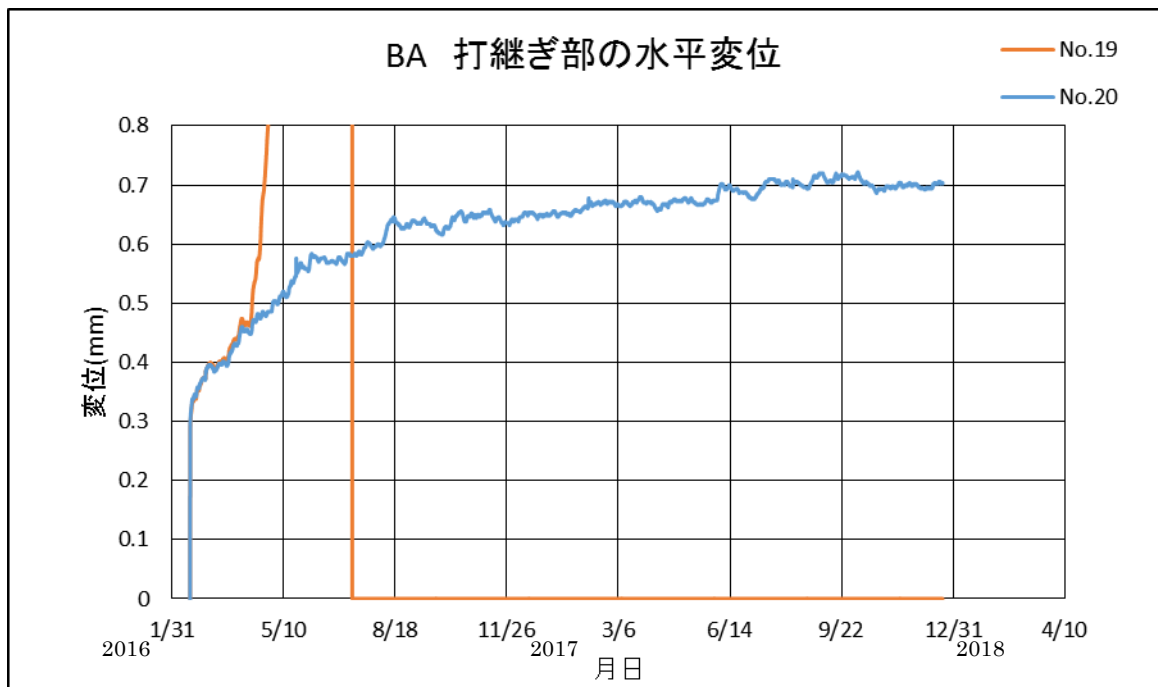
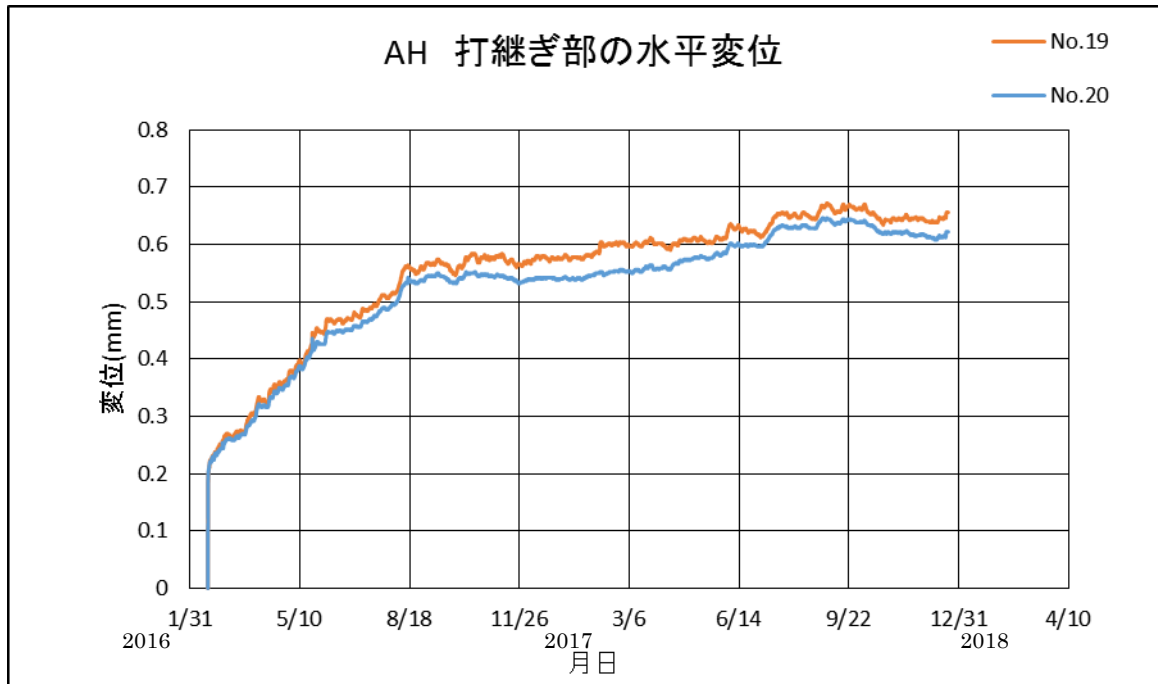
図 4.4.3.11 ひび割れ幅測定位置

表 4.4.3.3 各試験体の目視による観測のひび割れ幅(単位 : mm)

試験体 測定日	試験体 AH 測定位置						試験体 BA 測定位置						試験体 CA 測定位置		試験体 CB 測定位置	
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	2	4	1	3*
2016/4/26	0.10	---	0.10	0.1未満	0.25	0.25	0.10	0.10	0.1未満	0.15	0.30	0.25	0.35	0.1未満	0.10	0.20
2016/5/21	0.10	---	0.15	0.1未満	0.25	0.25	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.15	0.30	0.25	0.25	0.10	0.10	0.20
2016/6/28	0.10	---	0.15	0.1未満	0.25	0.25	0.1未満	0.10	0.10	0.10	0.30	0.25	0.30	0.1未満	0.10	0.20
2016/8/1	0.10	---	0.10	0.10	0.25	0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.35	0.30	0.10	0.15	0.10	0.35
2016/9/1	0.10	0.10	0.15	0.10	0.30	0.35	0.1未満	0.15	0.10	0.15	0.40	0.35	0.10	0.25	0.15	0.40
2016/11/2	0.15	0.08	0.20	0.15	0.40	0.40	0.04	0.15	0.15	0.15	0.45	0.50	0.10	0.30	0.15	0.45
2016/12/7	0.10	0.06	0.20	0.10	0.40	0.35	0.04	0.10	0.15	0.20	0.40	0.45	0.10	0.35	0.10	0.45
2017/4/20	0.10	0.00	0.10	0.05	0.60	0.30	0.00	0.10	0.20	0.10	0.65	0.45	0.04	0.30	0.06	0.40
2017/5/11	0.10	0.00	0.10	0.06	0.55	0.35	0.00	0.06	0.06	0.06	0.65	0.55	0.04	0.25	0.06	0.45
2017/6/15	0.10	0.00	0.15	0.10	1.00	0.30	0.00	0.06	0.10	0.04	0.65	0.85	0.06	0.25	0.06	0.45
2017/7/20	0.10	0.00	0.10	0.06	0.95	0.30	0.00	0.04	0.08	0.06	0.65	0.60	0.04	0.30	0.06	0.50
2017/8/24	0.06	0.00	0.20	0.15	0.65	0.40	0.00	0.04	0.06	0.08	0.65	0.60	0.04	0.25	0.06	0.65
2017/10/26	0.06	0.00	0.20	0.10	0.55	0.30	0.00	0.04	0.08	0.06	0.50	0.55	0.04	0.20	0.04	0.60
2017/12/21	0.06	0.00	0.25	0.10	0.60	0.35	0.00	0.04	0.08	0.08	0.55	0.60	0.04	0.30	0.08	0.65

* : 2017/6/15 以降測定位置 3 を 3'に移行

各試験体のスラブとスタブの打継ぎ部の水平変位を図4.4.3.12、図4.4.3.13に示す。また、打継ぎ部の目開き量を表4.4.3.4に示す。載荷開始後、8月までは変位が増大していたが、8月以降は一転して増加が見られずほぼ一定値で推移した。あと施工アンカーの使用の有無による違いは見られない。なお、試験体CBのNo.11変位計の測定値に特異な変化が見られるが、その理由は現状では判然としない。



No.19 4/9以降測定不能

図4.4.3.12 打継ぎ部の水平変位(その1 試験体AHおよびBA)

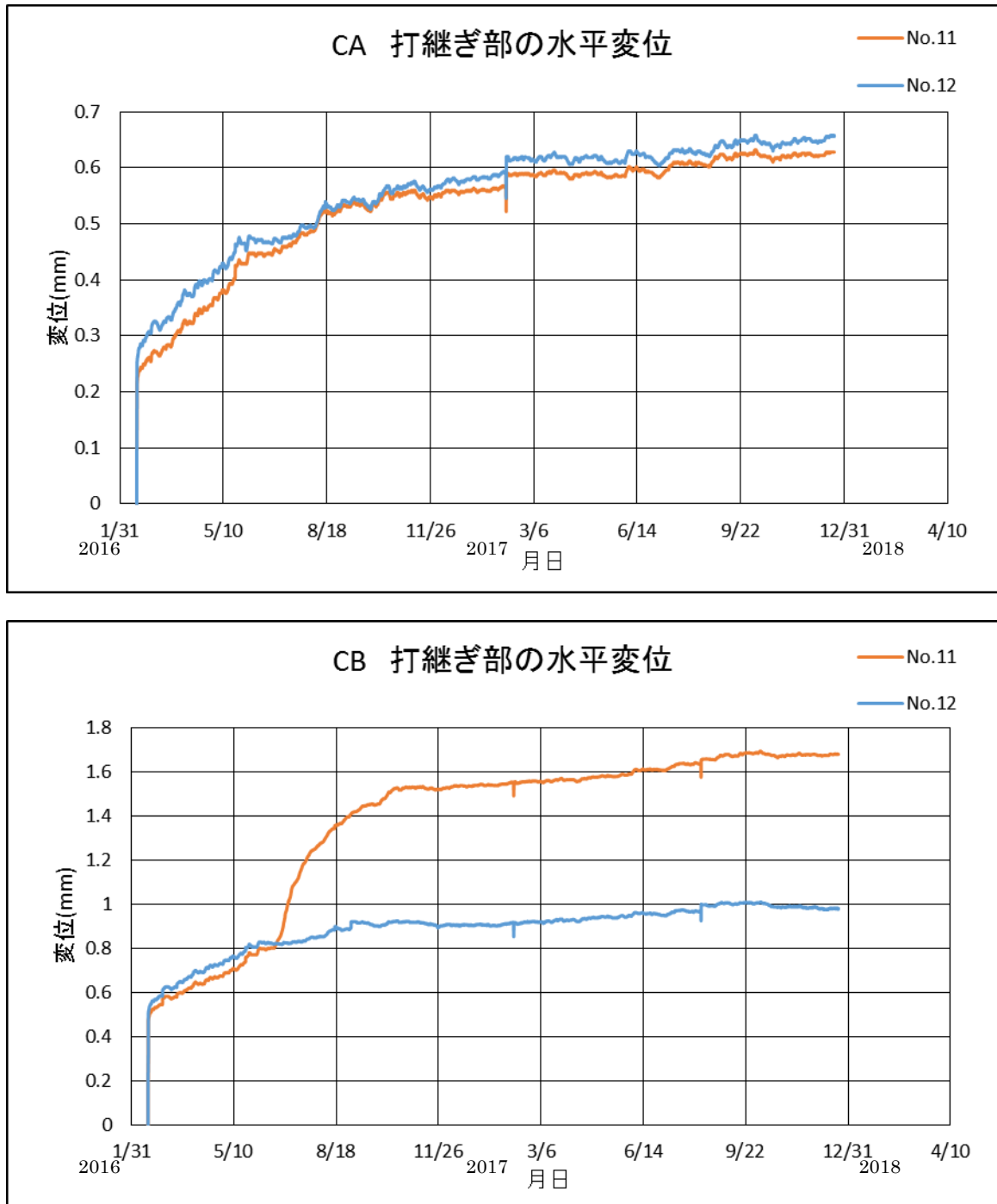


図 4.4.3.13 打継ぎ部の水平変位(その2 試験体 CA および CB)

表 4.4.3.4 スラブとスタブの打継ぎ部の目開き量(単位 : mm)

試験体 測定日	試験体 AH 測定位置			試験体 BA 測定位置			試験体 CA 測定位置			試験体 CB 測定位置		
	5	No.19	No.20	5	No.19	No.20	4	No.13	No.14	3*	No.13	No.14
2016/4/26	0.25	0.362	0.354	0.30	0.806	0.486	0.1未満	0.354	0.402	0.20	0.674	0.730
2016/5/21	0.25	0.446	0.420	0.30	1.542	0.576	0.10	0.404	0.452	0.20	0.738	0.788
2016/6/28	0.25	0.480	0.458	0.30	13.736	0.578	0.1未満	0.456	0.474	0.20	0.924	0.824
2016/8/1	0.25	0.512	0.492	0.35	+****	0.578	0.15	0.484	0.494	0.35	1.268	0.850
2016/9/1	0.30	0.564	0.542	0.40	+****	0.636	0.25	0.530	0.538	0.40	1.268	0.850
2016/11/2	0.40	0.576	0.544	0.45	+****	0.648	0.30	0.554	0.566	0.45	1.268	0.850
2016/12/7	0.40	0.572	0.538	0.40	+****	0.644	0.35	0.554	0.568	0.45	1.530	0.906
2017/2/16	--	0.602	0.552	--	+****	0.670	--	0.590	0.618	--	1.554	0.916
2017/4/20	0.60	0.606	0.568	0.65	+****	0.670	0.30	0.590	0.620	0.40	1.570	0.934
2017/5/11	0.55	0.610	0.578	0.65	+****	0.674	0.25	0.588	0.614	0.45	1.578	0.940
2017/6/15	1.00	0.626	0.596	0.65	+****	0.694	0.25	0.596	0.624	0.45	1.606	0.956
2017/7/20	0.95	0.654	0.630	0.65	+****	0.710	0.30	0.610	0.632	0.50	1.636	0.970
2017/8/24	0.65	0.650	0.632	0.65	+****	0.698	0.25	0.606	0.624	0.65	1.658	0.994
2017/10/26	0.55	0.652	0.620	0.50	+****	0.694	0.20	0.616	0.638	0.60	1.670	0.984
2017/12/21	0.60	0.656	0.622	0.55	+****	0.704	0.30	0.628	0.658	0.65	1.678	0.978

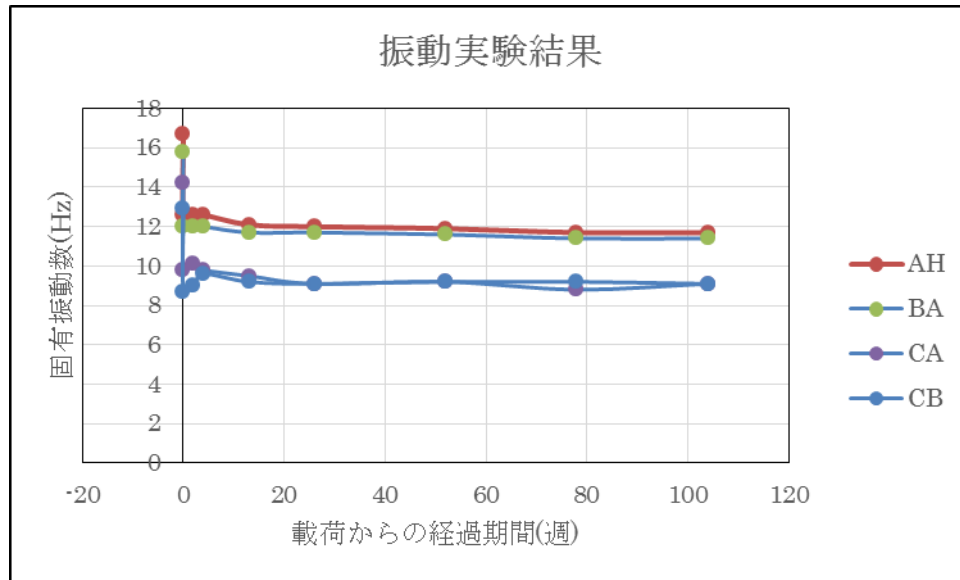
4-4-3-4 試験体の振動測定

振動測定による各試験体の固有振動数の測定結果を表4.4.3.5、図4.4.3.14に示す。

表4.4.3.5 固有振動数の測定結果(単位:Hz)

実験ケース	試験日		試験体名			
			AH	BA	CA	CB
鉄筋載荷前	2016/2/16	1回目	16.7	15.8	14.3	13.0
		2回目	16.7	15.8	14.2	12.9
		3回目	16.7	15.8	14.2	12.9
		4回目	16.7	15.8	14.3	13.0
		5回目	16.7	15.8	14.2	12.9
		平均	16.7	15.8	14.2	12.9
		鉄筋載荷後	2016/2/16	1回目	12.6	12.0
2回目	12.5			12.0	9.8	8.7
3回目	12.6			12.0	9.9	8.7
4回目	12.6			12.0	9.8	8.7
5回目	12.5			12.0	9.9	8.7
平均	12.6			12.0	9.8	8.7
載荷2週間後	2016/3/1			1回目	12.6	12.0
		2回目	12.6	12.0	10.1	9.1
		3回目	12.7	12.0	10.2	9.0
		4回目	12.7	12.0	10.0	9.1
		5回目	12.6	12.0	10.1	9.0
		平均	12.6	12.0	10.1	9.0
		載荷4週間後	2016/3/15	1回目	12.7	12.0
2回目	12.6			12.0	9.8	9.5
3回目	12.6			12.0	9.7	9.6
4回目	12.6			12.1	9.8	9.6
5回目	12.6			12.0	9.8	9.6
平均	12.6			12.0	9.8	9.6
載荷3か月後 (13週後)	2016/5/21			1回目	12.1	11.7
		2回目	12.1	11.7	9.5	9.2
		3回目	12.1	11.7	9.5	9.2
		4回目	12.1	11.7	9.5	9.2
		5回目	12.1	11.7	9.5	9.2
		平均	12.1	11.7	9.5	9.2
		載荷6か月後 (26週後)	2016/8/16	1回目	12.0	11.7
2回目	12.0			11.7	9.1	9.1
3回目	12.0			11.7	9.1	9.1
4回目	12.0			11.7	9.1	9.1
5回目	12.0			11.7	9.1	9.1
平均	12.0			11.7	9.1	9.1
載荷1年後 (52週後)	2017/2/7			1回目	11.9	11.6
		2回目	11.9	11.6	9.2	9.2
		3回目	11.9	11.6	9.2	9.2
		4回目	11.9	11.6	9.2	9.2
		5回目	11.9	11.6	9.2	9.2
		平均	11.9	11.6	9.2	9.2
		載荷1年半後 (78週後)	2017/8/9	1回目	11.7	11.5
2回目	11.7			11.5	8.8	9.2
3回目	11.7			11.4	8.7	9.2
4回目	11.7			11.4	8.7	9.2
5回目	11.7			11.4	8.7	9.1
平均	11.7			11.4	8.8	9.2
載荷2年後 (104週後)	2018/2/9			1回目	11.7	11.5
		2回目	11.7	11.4	9.1	9.1
		3回目	11.7	11.4	9.1	9.1
		4回目	11.7	11.4	9.1	9.1
		5回目	11.7	11.4	9.1	9.1
		平均	11.7	11.4	9.1	9.1

鉄筋載荷当初は標準定着の試験体(BA, CB 両試験体)よりもあと施工アンカー定着の試験体(AH, CA 両試験体)の方がやや固有振動数が大きく(すなわち硬い)なっていたが、すべての試験体とも日数の経過と共に固有振動数がわずかながら低下していた。鉄筋載荷後26週(半年 平成28年8月)経過時以降は、床筋の定着方法の違いによる固有振動数の違いは、ほぼ見られなくなった。52週(1年:平成29年2月7日)から104週(2年:平成30年2月9日)までの1年間もほぼ同じ傾向となった。



0週	2016/2/16	2週	2016/3/1	4週	2016/3/15
13週	2016/5/21	26週	2016/8/16	52週	2017/2/7
78週	2017/8/9	104週	2018/2/9		

図 4.4.3.14 振動測定による各試験体の固有振動数の変化

4-4-3-5 コンクリートの乾燥収縮

試験体の留置環境(温度と湿度)を図4.4.3.15に示す。留置環境として、気温が氷点下になることや摂氏30℃を超えることはなく、湿度についてもほぼ30%から90%の範囲内であった。

基礎梁、スラブ、基本試験体およびJIS規格供試体に設置した埋込み型ひずみ計による乾燥収縮の測定経過を図4.4.3.16に示す。乾燥収縮のひずみ度は、最大で-400 μ 程度の範囲に収まっている。

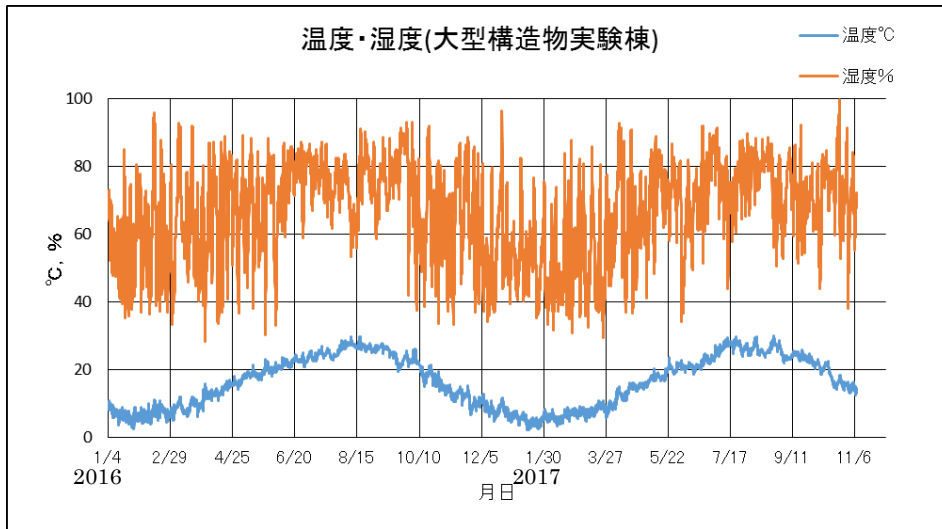


図4.4.3.15 試験体設置位置の温湿度

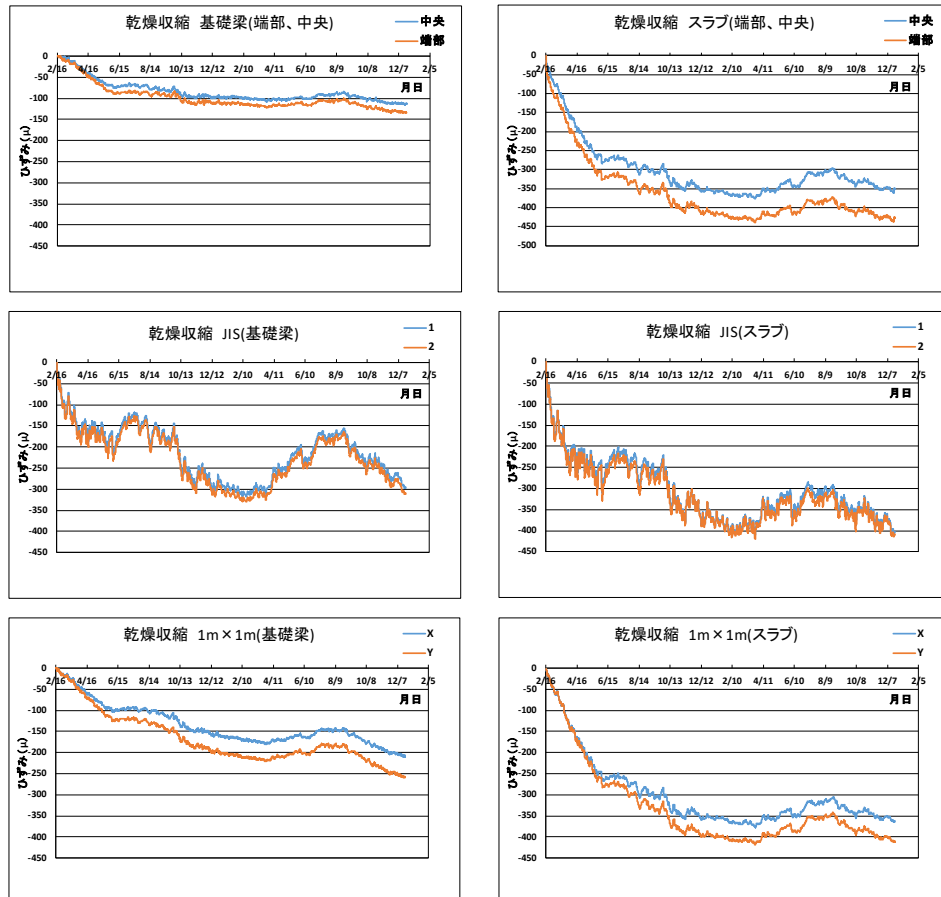


図4.4.3.16 基礎梁、スラブ、基本試験体およびJIS規格供試体の乾燥収縮

4-4-4 まとめ

試験体におけるスラブの構造性能確認実験で、載荷後約2年間の結果は、以下のとおりとなった。

- ・試験体のたわみについては、載荷直後から増大し始めたが、平成28年8月以降はその増加が鈍った。平成29年に入ってもこの傾向は変わらず、増加はさらに鈍化した。たわみの値や期間を経ることによる増大の傾向という点において、あと施工アンカーの使用の有無による大きな違いはなかった。
- ・試験体のたわみで、弾性たわみに対する測定結果の比(たわみの増大率)は、両端固定一方向スラブの試験体で9程度であった。平成29年に入ってもこの傾向は変わらなかった。この点についても、あと施工アンカーの使用の有無による大きな違いはなかった。
- ・試験体のアンカー筋その他鉄筋類の軸方向ひずみ度は、載荷開始直後に値は大きくなった後は、期間を経てもほぼ一定値のまま推移した。この点について、あと施工アンカーの使用の有無による大きな違いはなかった。
- ・試験体に発生したひび割れの幅や床スラブとスタブの打継ぎ部の目開きの幅は、載荷1年を過ぎてもわずかながら増加を続けており、載荷2年の経過時点でAHおよびBA試験体で0.6mmから0.7mmほどに、CAおよびCB試験体で0.6mmから1.0mmほどになった。
- ・インパクトボールを床スラブ上に落下させる振動測定の結果、載荷後26週以降は、あと施工アンカーの使用の有無によらず、測定した固有振動数がほとんど変化しなくなり、また固有振動数がほとんど同じ値を示すようになった。この傾向は載荷2年経過後も同じであった。あと施工アンカーの使用の有無は、固有振動数に影響を与えないと判断される。

以上より、現時点においてあと施工アンカーの使用の有無による明確な違いは確認されなかったといえる。

載荷から2年が経過し、試験体の変形はほぼ落ち着いたものと判断できる。今までは約1か月程度の間隔で測定・観察を行ってきたが、今後は測定・観察の間隔を伸ばしていく予定である。

4-5 実建物におけるスラブの構造性能確認試験

4-5-1 実験の主旨・概要

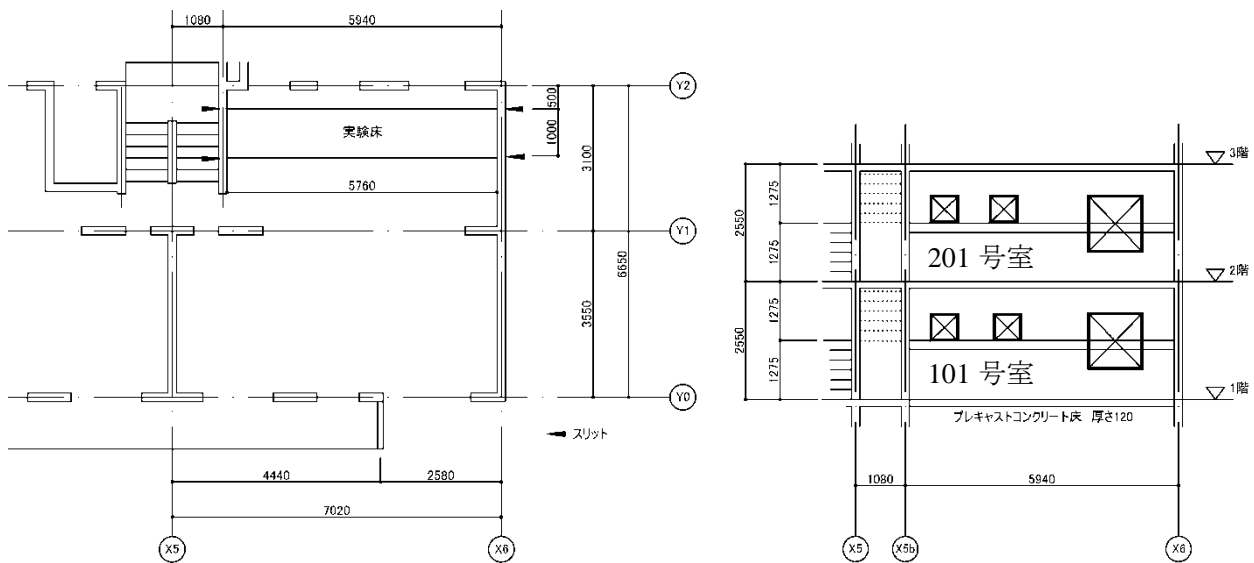
本実験は、実建物における新設スラブの主筋定着に接着系あと施工アンカーを用いたときの当該スラブの長期性状を把握することを目的とした。実建物の新設スラブでは、前節のスタブに固定した場合の試験条件と異なり、その支持部材の乾燥収縮は収束していることから、新設スラブのみ収縮が進行し、その影響によりあと施工アンカーに引張力が付加される可能性がある。また、壁式鉄筋コンクリート造建物の耐力壁にあと施工アンカーを用いた場合、耐力壁の回転変形が新設スラブのたわみ性能に及ぼす影響が無視できない可能性もあるため、これを検証するために、実建物の壁に支持した1m幅のスラブ試験体に対して長期載荷実験を行うこととした。

4-5-2 実建物における実験計画

4-5-2-1 計画方針

実建物として、独立行政法人 都市再生機構清瀬旭ヶ丘団地内の実験棟(壁式鉄筋コンクリート造5階建て建物)の2階201号室および1階101号室の北側居室に、スパン5,940mm、幅1000mm、厚さ200mm、の接着系あと施工アンカー定着によるスラブおよび標準定着によるスラブを製作し、居室相当の載荷荷重(2.5kN/m²)を積載して、長期たわみ性状を把握することとした。

実験スラブ配置図を図4.5.2.1に示す。



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)

図4.5.2.1 実験スラブ配置図

4-5-2-2 設計方針・計算例

(1) 設計方針

通常定着方法(先付け定着方法)のスラブ上端筋の定着は、許容付着応力度による所要定着長さ「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(1991)^{4,5)}(29)式」による。

接着系あと施工アンカーを用いたスラブ上端筋のアンカー筋の定着は、アンカー筋に生じる長期許容引張力に対して長期許容付着力および長期許容コーン状破壊耐力を満たす有効埋込み長さを確保する。

(2) 計算例

計算例は、図4.5.2.1の実験スラブ配置図に示す北側居室のスラブについて算定する。

1) 基本事項

仕上げ荷重 0.7 kN/m^2
 積載荷重 1.8 kN/m^2 } $W_p = 2.5 \text{ kN/m}^2$
 短辺方向スパン $\ell_x = 2920 \text{ mm}$
 長辺方向スパン $\ell_y = 5760 \text{ mm}$ } $\lambda = 1.97$
 スラブ厚 $T = 200 \text{ mm}$
 コンクリート縁から鉄筋中心までの距離

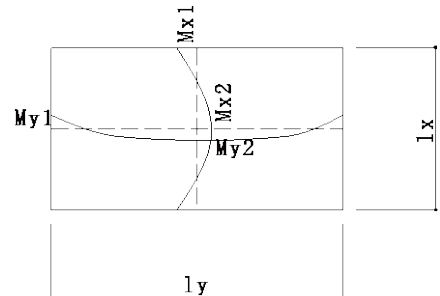


図4.5.2.1-2 計算に用いた記号の説明

上端かぶり厚 30 mm 短辺方向上端筋 $d_1 = 35.0 \text{ mm}$ 短辺方向下端筋 $d_2 = 45 \text{ mm}$
 下端かぶり厚 30 mm 長辺方向上端筋 $d_3 = 46.5 \text{ mm}$ 長辺方向下端筋 $d_4 = 35 \text{ mm}$
 コンクリート強度 $F_c = 21 \text{ N/mm}^2$ ($\gamma = 23$) ヤング係数 $E_c = 21.5 \text{ kN/mm}^2$
 鉄筋 SD295A

2) 応力の算出

$w = 7.3 \text{ kN/m}^2$
 $w_x = \ell_y^4 / (\ell_x^4 + \ell_y^4) \times w = 0.45 \text{ kN/m}^2$
 $M_{x1} = 1/12 \times w_x \times \ell_x^2 = 1.24 \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{x2} = 1/18 \times w_x \times \ell_x^2 = 0.83 \text{ kN}\cdot\text{m}$
 $M_{y1} = 1/24 \times w \times \ell_x^2 = 10.09 \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{y2} = 1/36 \times w \times \ell_x^2 = 6.73 \text{ kN}\cdot\text{m}$

3) 断面算定

短辺方向上端筋 $a_t = M_{x1} / f_t \cdot j = 42.9 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{D10@200(355)} \quad \text{OK}$
 短辺方向下端筋 $a_t = M_{x2} / f_t \cdot j = 30.6 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{D10@200(355)} \quad \text{OK}$
 長辺方向上端筋 $a_t = M_{y1} / f_t \cdot j = 375.6 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{D10D13@250(396)} \quad \text{OK}$
 長辺方向下端筋 $a_t = M_{y2} / f_t \cdot j = 233.1 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{D10@250(284)} \quad \text{OK}$

4) たわみに対する検討

$\delta_e = \frac{1}{32} \cdot \frac{\lambda^4}{1+\lambda^4} \cdot \frac{w \cdot \ell_x^4}{E \cdot T^4} = 1.368 \text{ mm}$
 変形増大率 $\kappa = 16$ 長期たわみ $\delta_L = 16 \times \delta_e = 21.89 \text{ mm}$
 たわみ率 $\delta_L / \ell_x = 1/263 \leq 1/250 \quad \text{OK}$

5) ひび割れに対する検討

端部上端 $\sigma_t = M_{max} / Z = 10\,090\,000 / 6\,666\,667 = 1.51 \text{ N/mm}^2 \leq 0.38 \sqrt{F_c} = 1.74 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$
 中央部下端 $\sigma_t = M_{max} / Z = 6\,730\,000 / 6\,666\,667 = 1.01 \text{ N/mm}^2 \leq 0.38 \sqrt{F_c} = 1.74 \text{ N/mm}^2$

OK

6) 試験体スラブの設計

(i) 両端固定一方向の応力

$$w = 7.3 \text{ kN/m}^2 \quad \ell_x = 5760 \text{ mm}$$

$$M_{x1} = 1/12 \times w \times \ell_x^2 = 20.18 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad , \quad M_{x2} = 1/18 \times w \times \ell_x^2 = 13.46 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$Q_{x1} = 1/2 \times w \times \ell_x = 21.0 \text{ kN}$$

$$\text{短辺方向上端筋 } a_t = M_{x1} / f_t \cdot j = 705.3 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{D13@150 (846.7)} \quad \text{OK}$$

$$\text{短辺方向下端筋 } a_t = M_{x2} / f_t \cdot j = 466.1 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{D10@150 (473.3)} \quad \text{OK}$$

(ii) たわみに対する検討

$$\text{単純支持一方向たわみ } \delta_e = \frac{15}{384} \cdot \frac{w \cdot \ell_x^4}{E \cdot T^3 / 12} = 7.29 \text{ mm}$$

$$\text{両端固定一方向たわみ } \delta_e = \frac{1}{384} \cdot \frac{w \cdot \ell_x^4}{E \cdot T^3 / 12} = 1.46 \text{ mm}$$

$$\text{変形増大率 } \kappa = 16 \quad \text{長期たわみ } \delta_L = 16 \times \delta_e = 23.3 \text{ mm}$$

$$\text{たわみ率 } \delta_L / \ell_x = 1/247$$

(3) 通常定着方法(先付け定着方法)のスラブ上端筋の定着検討

1) 許容付着応力度による所要定着長さ「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(1991)^{4.5)} (29)式」

(i) 計算条件

- ・使用するコンクリートの設計基準強度： $F_c = 21 \text{ N/mm}^2$
- ・スラブ上端筋：D13 SD295A
- ・スラブ上端筋のコンクリートに対する許容付着応力度：

$$l f_a = \min(21/15, 0.9 + 2 \times 21/75) = \min(1.40, 1.46) = 1.40 \text{ N/mm}^2 \text{ *1}$$

[注] *1：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(1991)^{4.5)}によれば、圧縮力を受ける場合および、付着破壊のおそれのない領域へ定着する場合は、1.5倍の数値としてよいとあるが、本資料では適用していない。また、平12建告第1450号に規定の長期許容付着応力度は、はりの上端筋以外は「その他の鉄筋」の数値を用いることができるが、ここでは適用していない。

(ii) 定着長さの検討

(a) 直線定着の場合

$$\ell \geq \frac{l f_t \cdot d_b}{4 \times l f_a} = 195 \times d_b / (4 \times 1.40) = 34.8 \times d_b = 34.8 \times 13 = 452.7 \text{ mm}$$

(b) 標準フック付き折曲げ定着の場合

$$\ell \geq \frac{2}{3} \times \frac{l f_t \cdot d_b}{4 \times l f_a} = 2/3 \times 195 \times d_b / (4 \times 1.40) = 23.2 \times d_b = 23.2 \times 13 = 301.8 \text{ mm}$$

2) RC規準(2010)17条「定着」による所要定着長さ

(i) 計算条件

- ・使用するコンクリートの設計基準強度： $F_c = 21 \text{ N/mm}^2$
- ・スラブ上端筋：D13 SD295A
- ・付着割裂の基準となる強度： $f_b = 0.9 + 21/40 = 1.425 \text{ N/mm}^2$

$$\text{必要定着長さ算定式: } \ell_{ab} = \alpha \cdot \frac{S \cdot \sigma_t \cdot d_b}{10 f_b} \text{ 「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(2010)^{4.2)} (17.2)式」}$$

- ・スラブ端筋定着部の拘束の有無：スラブ上端筋を，当該スラブを支持する梁の上端筋の下に定着するディテールとすることで，拘束領域への定着とする($\alpha=1.0$)。

(ii) 定着長さの検討

(a) 直線定着の場合

$$\ell_{ab} = \alpha \cdot \frac{S \cdot \sigma_t \cdot d_b}{10f_b} = 1.0 \times 1.0 \times 295 \times d_b / (10 \times 1.425) = 20.7 \times d_b = 20.7 \times 13 = 269.1 \text{ mm}$$

(b) 標準フック付き折曲げ定着の場合

$$\ell_{ab} = \alpha \cdot \frac{S \cdot \sigma_t \cdot d_b}{10f_b} = 1.0 \times 0.5 \times 295 \times d_b / (10 \times 1.425) = 10.4 \times d_b = 20.7 \times 13 = 135.2 \text{ mm}$$

(4) 接着系あと施工アンカーを用いたスラブ上端筋のアンカー筋の定着検討

1) アンカー筋の所有効埋込み長さの検討

(i) 計算条件

- ・使用するコンクリートの設計基準強度： $F_c = 21 \text{ N/mm}^2$
- ・スラブ上端筋：D13 SD295A
- ・接着系あと施工アンカーの付着強度： $\tau_{fu} = 15 \text{ N/mm}^2 (= 15 \times \sqrt{\frac{\sigma_B}{21}} = 15 \times \sqrt{\frac{21}{21}})$
- ・アンカー筋に生じる長期許容引張力に対して(4.5.2.1)式および(4.5.2.2)式を満たす有効埋込み長さを確保する。

$${}_D T_{L1} \leq T_{AL2} \quad \dots \dots \dots (4.5.2.1) \text{ 式}$$

$${}_D T_{L1} \leq T_{AL3} \quad \dots \dots \dots (4.5.2.2) \text{ 式}$$

記号 ${}_D T_{L1}$: アンカー筋に生じる長期荷重時引張力(N)で，次式による。

$${}_D T_{L1} = l_{f_i} \cdot a_i = 195 \times 127 = 24\,765 \text{ N} = 24.8 \text{ kN}$$

T_{AL2} : アンカー筋の長期許容付着力(N)で，次式による。アンカー筋のかぶり厚さが $1.5d_a$ 以上 確保されていることから，付着強度の低減を行わない。

$$T_{AL2} = (\tau_{fu} / F) \cdot \pi \cdot d_a \cdot \ell_e \quad \dots \dots \dots (4.5.2.3) \text{ 式}$$

T_{AL3} : アンカー筋の長期許容コーン状破壊耐力(N)で，次式による。

$$T_{u3} = 0.23 \sqrt{\sigma_B} / F \cdot A_c \quad \dots \dots \dots (4.5.2.4) \text{ 式}$$

τ_{fu} : 接着系あと施工アンカーの付着強度(N/mm²)で，15.0 N/mm²とする。

F : 安全係数で，3(CASE1)および4.5(CASE2)とする。

ℓ_e : アンカー筋有効埋込み長さ(mm)

σ_B : アンカー筋定着部のコンクリートの圧縮強度(N/mm²)で，設計基準強度とする。

A_c : コーン状破壊面の有効水平投影面積(mm²)。本来であれば，アンカー筋のピッチ，はしあき，へりあきによるコーン状破壊面の重なり等を考慮した有効投影面積を算定する必要があるが，本資料においては考慮していない。

(ii) (4.5.2.1) 式を満たすのに必要な有効埋込み長さの検討

(a) CASE1 ($F=3.0$) の場合

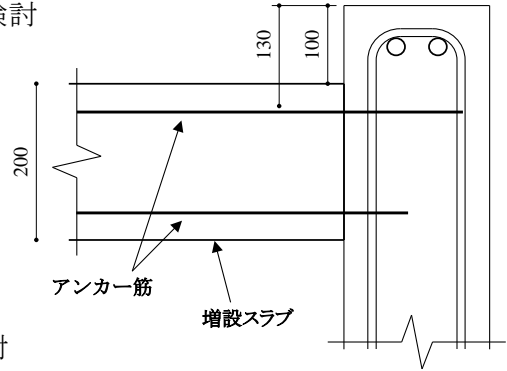
$${}_D T_{FL} = {}_D \sigma_{tL} \cdot \pi \cdot d_a^2 / 4 \leq T_{AL2} = 5.0 \times \pi \cdot d_a \cdot \ell_e \text{ より,}$$

$$\ell_e \geq {}_D \sigma_{tL} \cdot d_a / (4 \times 5) = 9.75 \times d_a (=127 \text{ mm})$$

(b) CASE2 ($F=4.5$) の場合

$${}_D T_{FL} = {}_D \sigma_{tL} \cdot \pi \cdot d_a^2 / 4 \leq T_{AL2} = 3.3 \times \pi \cdot d_a \cdot \ell_e \text{ より,}$$

$$\ell_e \geq {}_D \sigma_{tL} \cdot d_a / (4 \times 3.3) = 14.7 \times d_a (=191 \text{ mm})$$



(iii) (4.5.2.2) 式を満たすに必要な有効埋込み長さの検討

(a) CASE1 ($F=3.0$) の場合

${}_D T_{FL} = {}_D \sigma_{tL} \cdot \pi \cdot d_a^2 / 4 \leq T_{AL2} = 0.23 \sqrt{\sigma_B} / 3.0 \cdot A_c$ アンカー筋とスラブ支持梁の断面・配筋有効埋込み長さを 130 mm 以上とし、コーン状破壊面の有効水平投影面積 A_c が次式で算定されるとする。

$$A_c = \pi \cdot \ell_e \cdot (\ell_e + d_a)$$

$${}_D \sigma_{tL} \cdot \pi \cdot d_a^2 / 4 \leq 0.23 \sqrt{\sigma_B} / 3.0 \cdot \pi \cdot \ell_e \cdot (\ell_e + d_a) \text{ より,}$$

$$\ell_e \geq \frac{d_a}{2} \cdot \left\{ -1 + \sqrt{{}_D \sigma_{tL} \times 3 / (0.23 \sqrt{\sigma_B})} \right\} = \frac{d_a}{2} \times (-1 + 23.56) = 11.3 \times d_a (=146 \text{ mm})$$

(b) CASE2 ($F=4.5$) の場合

$$\ell_e \geq \frac{d_a}{2} \cdot \left\{ -1 + \sqrt{{}_D \sigma_{tL} \times 4.5 / (0.23 \sqrt{\sigma_B})} \right\} = \frac{d_a}{2} \times (-1 + 28.86) = 14.0 \times d_a (=182 \text{ mm})$$

図 4.5.2.2 スラブ上端筋に使用する

(5) 検討結果：表 4.5.2.1 を参照のこと。

表 4.5.2.1 増設スラブ上端筋の支持梁への定着長さおよびアンカー筋有効埋込み長さ

	通常定着方法		接着系あと施工アンカー筋			
	RC 規 準 (1991) ^{4.5)} による場合	RC 規 準 (2010) ^{4.2)} による場合	${}_D T_{L1} \leq T_{AL2}$ となる 有効埋込み長さ		${}_D T_{D1} \leq T_{AL3}$ となる 有効埋込み長さ	
			$F=3.0$	$F=4.5$	$F=3.0$	$F=4.5$
直線定着の場合	34.8 d_b (453 mm)	20.7 d_b (270 mm)	9.75 d_a (127 mm)	14.7 d_a (191 mm)	11.3 d_a (146 mm)	14.0 d_a (182 mm)
標準フック付き 折曲げ定着の場合	23.2 d_b (302 mm)	10.4 d_b (135 mm)				
備考	<ul style="list-style-type: none"> 上端筋は、RC 規準(1991)^{4.5)}による定着長さを確保する。 下端筋は 10 d_b かつ 150 mm 以上とする。 		<ul style="list-style-type: none"> 実験であることから、有効埋込み長さ 12 d_a (156 mm) とする。 スラブ下端筋としてのアンカー筋の有効埋込長は 7 d_a (91 mm) とする。 実験では、長期許容コーン状破壊耐力 (T_{AL3}) に重なりによる面積の低減を考慮していない。 			

4-5-2-3 試験体計画・製作概要

試験体は、新設スラブと既存壁との定着に接着系あと施工アンカーを用いたもの、および既存壁のコンクリートを一部撤去し、所要の定着長さを有する上端筋と下端筋を配筋した後に研り部分にコンクリートを打ち込み、硬化後に新設スラブを作成したものとする。

新設スラブは、1階および2階の北側居室において階高の1/2の位置に設置する。この時、新設スラブが取り付く両側の耐力壁の新設スラブ際に縦方向にスリットを入れて、周囲の壁と切り離し影響を受けないようにする。

新設スラブのコンクリートの目標圧縮強度は、18 N/mm²(呼び強度)とした。

新設スラブの配筋リストを表4.5.2.2に示す。

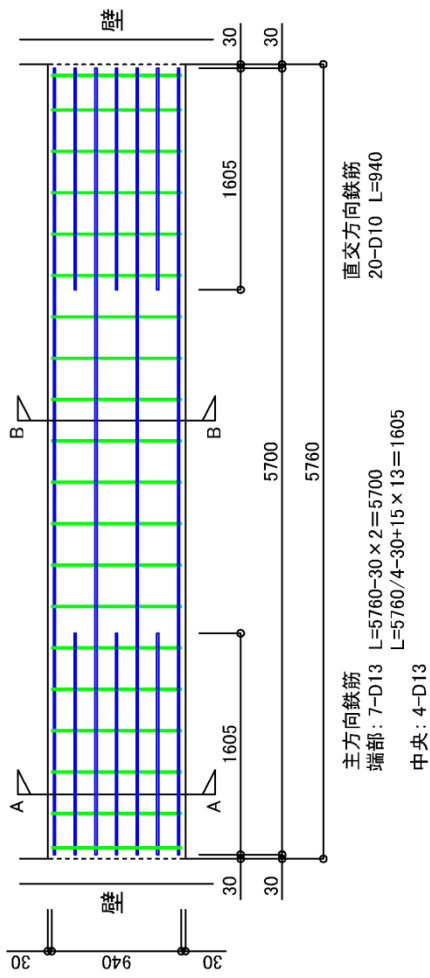
スラブ配筋図を図4.5.2.3、新設スラブと既存壁との接合詳細を図4.5.2.4に示す。

表 4.5.2.2 新設スラブの配筋リスト

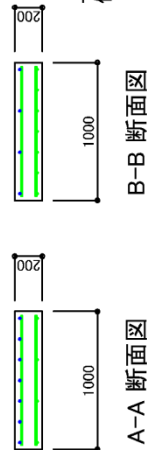
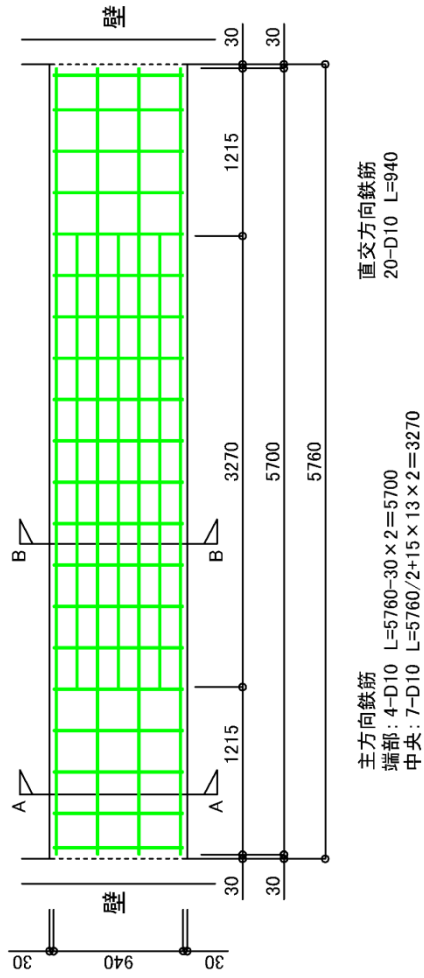
板厚	位置	主筋方向		配力筋方向	
		端部	中央	端部	中央
200	上	D13@150	D13@300	D10@300	D10@300
	下	D10@300	D10 @150	D10@300	D10@300

既存壁および新設スラブの材料試験結果を表4.5.2.3、表4.5.2.4に示す。

上端筋 配筋要領図

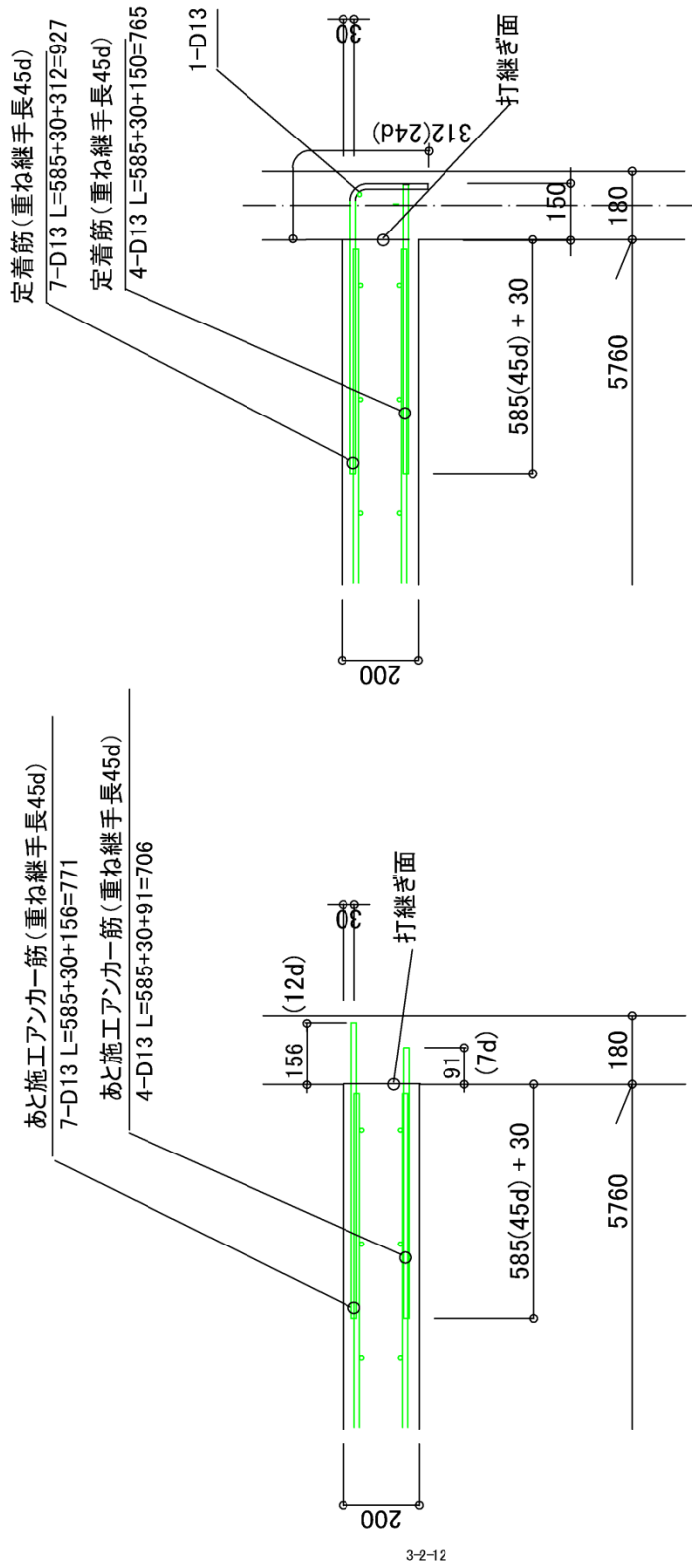


下端筋 配筋要領図



符号	板厚	位置	主方向配筋		直交方向配筋	
			端部	中央	端部	中央
1S1	200	上端	D13@150	D13@300	D10@300	D10@300
		下端	D10@300	D10@150	D10@300	D10@300

図 4.5.2.3 スラブ配筋図



(b) 標準定着試験体

(a) 接着系あと施工アンカー定着試験体

図 4.5.2.4 新設スラブと既存壁との接合詳細

第4章 接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造性能確認試験

表 4.5.2.3 コンクリート材料試験結果

No.	直径 (cm)	整形後高さ (cm)	高さ/直径	補正係数	断面積 (cm ²)	質量 (g)	かさ比重	最大荷重 (kN)	強度 (N/mm ²)	備考
101号室-右	7.61	15.45	2.030	1.000	45.48	1630	2.320	161.3	35.5	既存壁
101号室-左	7.61	15.29	2.009	1.000	45.48	1597	2.296	145.9	32.1	既存壁
201号室-右	7.61	15.22	2.000	1.000	45.48	1592	2.300	128.9	28.3	既存壁
201号室-左	7.61	15.45	2.030	1.000	45.48	1608	2.288	190.2	41.8	既存壁

試験実施日: 2015年12月21日(月)

No.	直径 (cm)	整形後高さ (cm)	高さ/直径	補正係数	断面積 (cm ²)	質量 (g)	かさ比重	最大荷重 (kN)	強度 (N/mm ²)	備考
18-18-20N 1W No.1	10.00	19.92	1.992	1.000	78.54	3408	2.178	118.7	15.1	壁
18-18-20N 1W No.2	10.00	19.78	1.978	1.000	78.54	3378	2.174	123.3	15.7	
18-18-20N 1W No.3	10.00	19.97	1.997	1.000	78.54	3405	2.171	115.9	14.8	

試験実施日: 2015年12月29日(火)

No.	直径 (cm)	整形後高さ (cm)	高さ/直径	補正係数	断面積 (cm ²)	質量 (g)	かさ比重	最大荷重 (kN)	強度 (N/mm ²)	備考
18-18-20N 1W No.1	10.00	20.22	2.022	1.000	78.54	3595	2.264	149.1	19.0	スラブ
18-18-20N 1W No.2	10.00	20.27	2.027	1.000	78.54	3618	2.273	138.1	17.6	
18-18-20N 1W No.3	10.00	20.27	2.027	1.000	78.54	3615	2.271	156.3	19.9	

試験実施日: 2016年01月12日(火)

No.	直径 (cm)	整形後高さ (cm)	高さ/直径	補正係数	断面積 (cm ²)	質量 (g)	かさ比重	最大荷重 (kN)	強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (N/mm ²)	備考
18-18-20N 4W No.1	10.00	19.68	1.968	1.000	78.54	3344	2.163	192.6	24.5	2.25	壁
18-18-20N 4W No.2	10.00	19.84	1.984	1.000	78.54	3380	2.169	188.6	24.0	2.59	
18-18-20N 4W No.3	10.00	19.91	1.991	1.000	78.54	3390	2.168	195.6	24.9	2.31	

試験実施日: 2016年01月19日(火)

No.	直径 (cm)	整形後高さ (cm)	高さ/直径	補正係数	断面積 (cm ²)	質量 (g)	かさ比重	最大荷重 (kN)	強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (N/mm ²)	備考
18-18-20N 4W No.1	10.00	19.83	1.983	1.000	78.54	3534	2.269	226.2	28.8	2.79	スラブ
18-18-20N 4W No.2	10.00	19.93	1.993	1.000	78.54	3566	2.278	227.8	29.0	3.02	
18-18-20N 4W No.3	10.00	19.78	1.978	1.000	78.54	3544	2.281	243.8	31.0	2.98	

AVE.= 29.6 2.93

試験実施日: 2016年02月02日(火)

No.	直径 (cm)	整形後高さ (cm)	高さ/直径	補正係数	断面積 (cm ²)	質量 (g)	かさ比重	最大荷重 (kN)	強度 (N/mm ²)	備考
18-18-20N 6W No.1	10.00	19.88	1.988	1.000	78.54	3531	2.261	216.6	27.6	スラブ
18-18-20N 6W No.2	10.00	19.85	1.985	1.000	78.54	3515	2.255	237.4	30.2	
18-18-20N 6W No.3	10.00	19.87	1.987	1.000	78.54	3522	2.257	210.2	26.8	

試験実施日: 2016年03月15日(火)

No.	直径 (cm)	整形後高さ (cm)	高さ/直径	補正係数	断面積 (cm ²)	質量 (g)	かさ比重	最大荷重 (kN)	強度 (N/mm ²)	備考
清瀬壁 13W No.1	10.00	20.02	2.002	1.000	78.54	3399	2.162	199.8	25.4	壁
清瀬壁 13W No.2	10.00	19.93	1.993	1.000	78.54	3429	2.191	219.8	28.0	
清瀬壁 13W No.3	10.00	19.96	1.996	1.000	78.54	3431	2.189	218.8	27.9	

試験実施日: 2016年03月22日(火)

No.	直径 (cm)	整形後高さ (cm)	高さ/直径	補正係数	断面積 (cm ²)	質量 (g)	かさ比重	最大荷重 (kN)	強度 (N/mm ²)	備考
清瀬床 13W No.1	10.00	19.92	1.992	1.000	78.54	3522	2.251	253.4	32.3	スラブ
清瀬床 13W No.2	10.00	19.82	1.982	1.000	78.54	3507	2.253	248.0	31.6	
清瀬床 13W No.3	10.00	19.87	1.987	1.000	78.54	3553	2.277	255.6	32.5	

第4章 接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造性能確認試験

表 4.5.2.3 コンクリート材料試験結果(続き)

試験実施日:2016年06月13日(月)											※静弾性係数は $\times 10^4 \text{N/mm}^2$	
No.	直径 (cm)	整形後高さ (cm)	高さ/直径	補正係数	断面積 (cm^2)	質量 (g)	かさ比重	最大荷重 (kN)	強度 (N/mm^2)	静弾性係数 (N/mm^2)	備考	
清瀬壁 26W No.1	10.00	19.12	1.912	1.000	78.54	3279	2.184	237.4	30.2	2.67	壁	
清瀬壁 26W No.2	10.00	19.02	1.902	1.000	78.54	3284	2.198	256.0	32.6	2.63		
清瀬壁 26W No.3	10.00	18.98	1.898	0.992	78.54	3260	2.187	246.2	31.1	2.75		
									AVE=	36.6	3.00	
試験実施日:2016年06月20日(月)											※静弾性係数は $\times 10^4 \text{N/mm}^2$	
No.	直径 (cm)	整形後高さ (cm)	高さ/直径	補正係数	断面積 (cm^2)	質量 (g)	かさ比重	最大荷重 (kN)	強度 (N/mm^2)	静弾性係数 (N/mm^2)	備考	
清瀬床 26W No.1	10.00	19.89	1.989	1.000	78.54	3517	2.251	287.0	36.5	2.90	スラブ	
清瀬床 26W No.2	10.00	19.88	1.988	1.000	78.54	3531	2.261	294.2	37.5	3.05		
清瀬床 26W No.3	10.00	19.77	1.977	1.000	78.54	3501	2.255	281.4	35.8	3.04		
									AVE=	36.6	3.00	
試験実施日:2016年12月12日(月)											※静弾性係数は $\times 10^4 \text{N/mm}^2$	
No.	直径 (cm)	整形後高さ (cm)	高さ/直径	補正係数	断面積 (cm^2)	質量 (g)	かさ比重	最大荷重 (kN)	強度 (N/mm^2)	静弾性係数 (N/mm^2)	備考	
清瀬壁 52W No.1	10.00	19.85	1.985	1.000	78.54	3414	2.190	263.5	33.5	2.93	壁	
清瀬壁 52W No.2	10.00	19.97	1.997	1.000	78.54	3412	2.175	264.6	33.7	2.85		
清瀬壁 52W No.3	10.00	19.89	1.989	1.000	78.54	3417	2.187	270.6	34.5	2.97		
									AVE=	36.6	3.00	
試験実施日:2016年12月28日(水)											※静弾性係数は $\times 10^4 \text{N/mm}^2$	
No.	直径 (cm)	整形後高さ (cm)	高さ/直径	補正係数	断面積 (cm^2)	質量 (g)	かさ比重	最大荷重 (kN)	強度 (N/mm^2)	静弾性係数 (N/mm^2)	備考	
清瀬床 53W No.1	10.00	19.89	1.989	1.000	78.54	3466	2.219	311.2	39.6	2.85	スラブ	
清瀬床 53W No.2	10.00	19.79	1.979	1.000	78.54	3478	2.238	308.7	39.3	3.07		
清瀬床 53W No.3	10.00	19.96	1.996	1.000	78.54	3522	2.247	325.0	41.4	3.19		
									AVE=	36.6	3.00	

壁コンクリート打設日:2015年12月14日(月)
床コンクリート打設日:2015年12月22日(火)

表 4.5.2.4 鉄筋材料試験結果

	異形鉄筋D10 (SD295)			異形鉄筋D13 (SD295)		
	I	II	III	I	II	III
公称直径(mm)	9.53	9.53	9.53	12.7	12.7	12.7
公称断面積(mm^2)	71.33	71.33	71.33	126.7	126.7	126.7
上降伏荷重(N)	27320	27180	26790	46270	45890	46680
上降伏点応力(N/mm^2)	383.0	381.0	375.6	365.2	362.2	368.4
下降伏荷重(N)	26180	26030	25990	44760	44380	44780
下降伏点応力(N/mm^2)	367.0	364.9	364.4	353.3	350.3	353.4
最大荷重(N)	36050	35600	35550	62200	62500	62600
引張強さ(N/mm^2)	505.4	499.1	498.4	490.9	493.3	494.1
標点間距離(mm)	91.7	92.8	91.6	101.1	102.2	101.1
試験後標点間距離(mm)	110.2	109.9	108.2	120.4	122.3	121.5
破断伸び(%)	20.2	18.4	18.1	19.1	19.6	20.2
静弾性係数($\times 10^5 \text{N/mm}^2$)	2.10	1.95	1.73	1.74	1.78	1.69
破断箇所	A	A	A	A	A	A

接着系あと施工アンカー施工時の穿孔穴径, 深さ, アンカー筋長さ, 埋込み長さ, 勾配を表 4.5.2.5 に示す。

表 4.5.2.5 接着系あと施工アンカー施工時の穿孔穴径、深さ、アンカー筋長さ、埋込み長さ、勾配

単位: mm

201号室: 妻側 番号は、手前(南)から	上端筋							下端筋			
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
内径奥(平行)	14.6	14.4	13.7	14.4	14.0	14.2	14.7	14.8	14.6	14.7	14.2
内径奥(直角)	15.5	15.6	14.5	15.2	14.1	14.3	15.2	13.9	13.7	14.6	14.4
内径手前(平行)	16.1	16.4	16.2	16.3	16.1	16.0	15.9	16.0	16.1	15.7	16.5
内径手前(直角)	16.3	15.9	15.8	16.1	16.4	16.1	16.1	16.6	19.7	16.0	16.1

単位: mm

深さ	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
	167.5	166.0	162.4	162.3	162.2	161.3	161.4	97.4	101.2	101.3	98.8

単位: °

勾配	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
スラブ面に平行方向	90.3	92.0	95.2	95.3	93.4	91.3	92.4	93.5	92.3	91.3	94.4
スラブ面に直角方向	92.2	90.4	92.2	90.1	91.4	92.2	89.1	91.2	93.1	92.2	89.5

単位: mm

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
アンカー筋の全長	775	776	775	774	773	774	774	710	710	710	711
アンカー筋の出長さ	612	623	615	613	619	616	629	614	613	612	615
埋め込み長さ	163	153	160	161	154	158	145	96	97	98	96

単位: °

アンカー筋勾配	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
スラブ面に平行方向	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
スラブ面に直角方向	89.7	89.6	89.7	89.8	90.3	89.3	88.2	---	---	---	---

測定不可

単位: mm

201号室: 階段側 番号は、手前(南)から	上端筋							下端筋			
	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11
内径奥(平行)	14.2	14.6	14.5	14.6	14.8	14.3	13.9	14.6	13.6	14.4	13.9
内径奥(直角)	15.2	14.4	14.6	15.2	14.7	14.2	12.8	15.1	15.9	15.2	12.8
内径手前(平行)	16.3	16.3	15.9	16.9	16.4	16.3	16.1	15.9	16.1	16.1	15.6
内径手前(直角)	16.4	16.1	16.2	19.5	20.0	16.4	18.0	15.7	16.3	15.8	15.2

ゲージ ゲージ

単位: mm

深さ	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11
	163.4	169.4	166.4	貫通	168.2	貫通	161.2	99.1	99.9	100.2	97.1

貫通: アンカー筋の抜け出し測定のため、せん孔穴を貫通して開けた

単位: °

勾配	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11
スラブ面に平行方向	96.1	92.6	95.3	91.5	92.1	92.6	92.3	93.5	95.2	94.4	98.1
スラブ面に直角方向	93.2	91.3	90.6	91.5	91.4	92.3	87.6	91.5	92.5	90.4	88.5

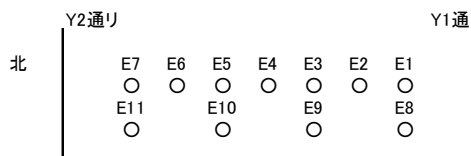
単位: mm

	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11
アンカー筋の全長	773	775	776	776	774	776	773	710	711	710	710
アンカー筋の出長さ	617	623	620	616	628	623	618	613	614	622	615
埋め込み長さ	156	152	156	160	146	153	155	97	97	88	95

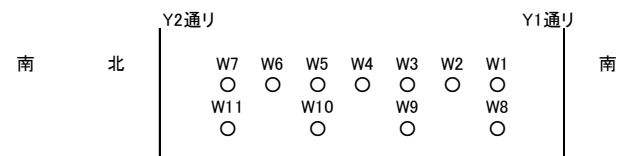
単位: °

アンカー筋勾配	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11
スラブ面に平行方向	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
スラブ面に直角方向	91.4	91.5	91.8	88.3	90.4	89.7	91	---	---	---	---

測定不可



201号室 妻側



201号室 階段側

4-5-2-4 加力・計測方法

(1) スラブたわみと壁回転量測定

1階および2階に新設したスラブのたわみを，変位計を取り付けた測定用ビームを設置し測定する。(図4.5.2.5参照)

測定項目は，スラブの鉛直・水平変位，既存壁の水平変位，アンカー筋の拔出し量とする。(図4.5.2.6，図4.5.2.7参照)

測定位置番号と測定変位を以下に示す。

- ①～⑥ スラブの鉛直変位
- ⑦・⑧ 壁の水平変位
- ⑨・⑩ スラブの壁からの鉛直変位
- ⑪～⑱ 壁の水平変位(階段室壁：南側⑪・⑬ 北側⑮・⑰，妻壁：南側⑫・⑭ 北側⑯・⑱)
- ⑲・⑳ 壁間の水平変位
- ㉑・㉒ アンカー筋の拔出し(201号室，階段室側)
- ㉓～㉖ 壁のスラブからの水平変位(201号室㉓・㉔ 101号室㉕・㉖)

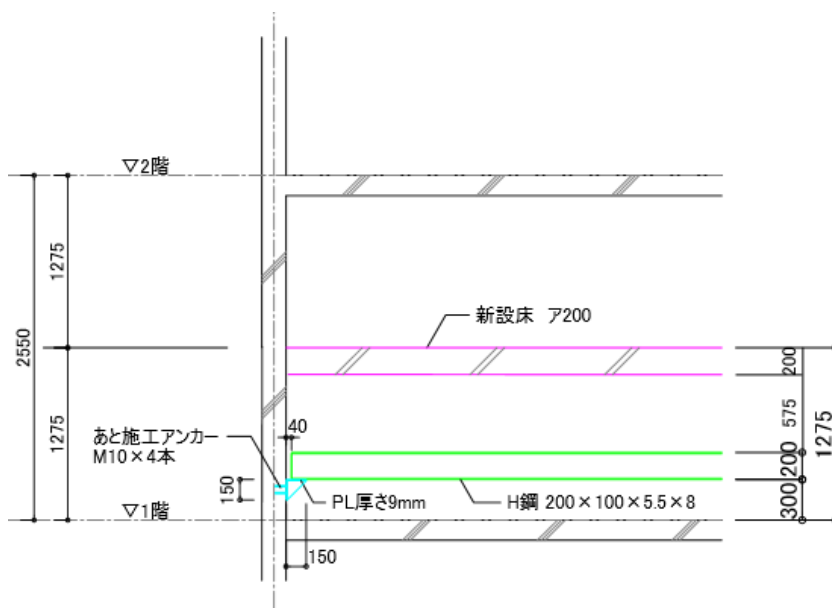


図 4.5.2.5 測定用ビーム設置位置

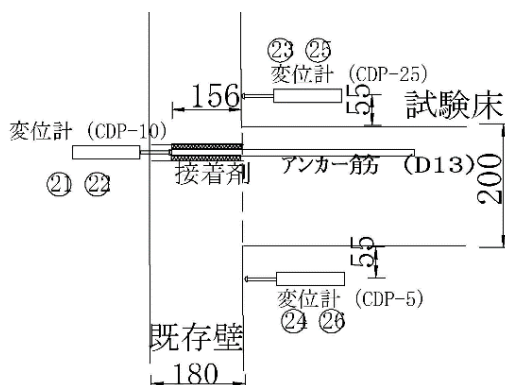


図 4.5.2.6 アンカー筋の拔出し量測定図(201号室，階段室側)

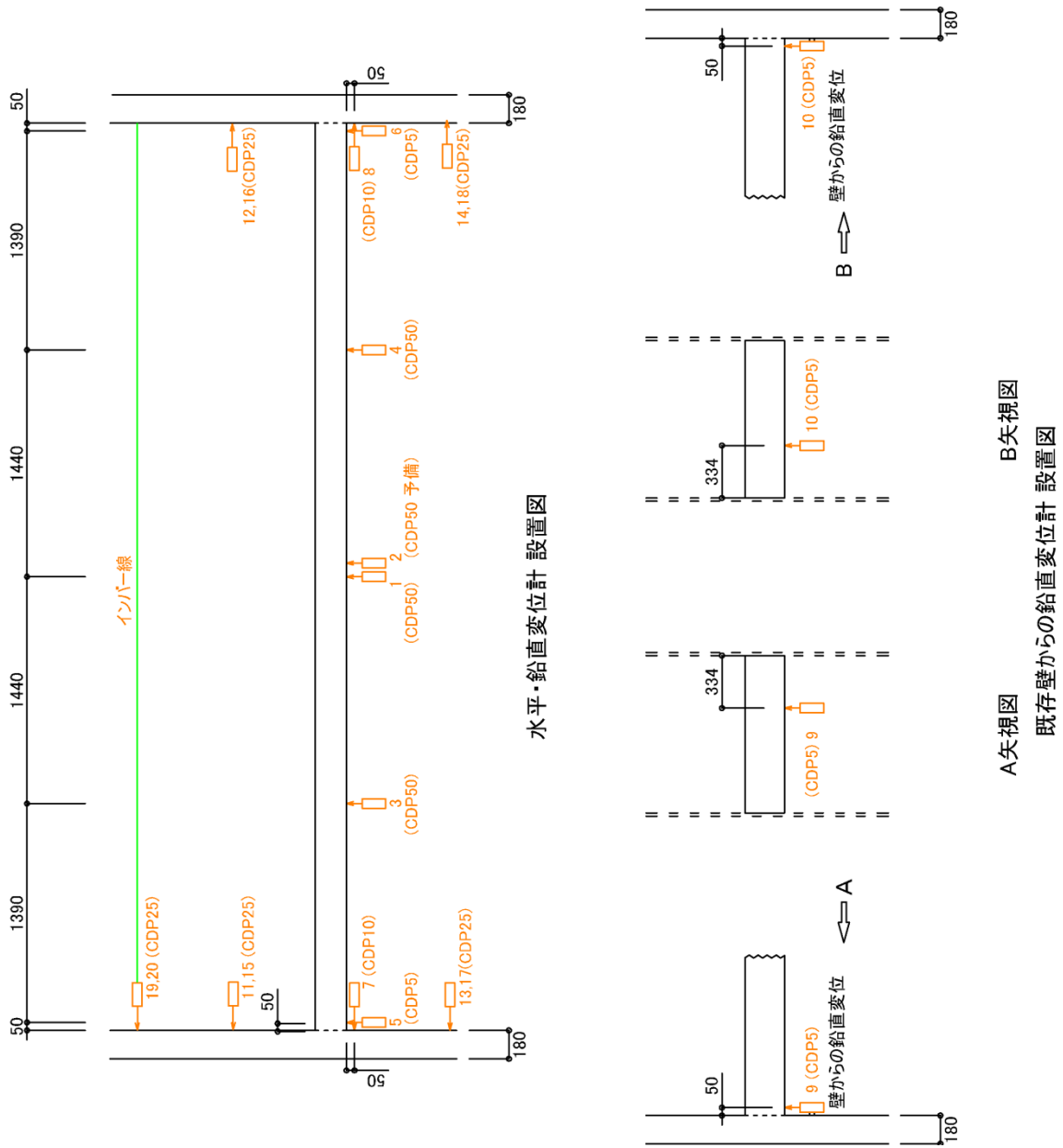


図 4.5.2.7 水平・鉛直変位測定位置図

(2) 鉄筋ひずみ

スラブ筋，アンカー筋および定着筋のひずみの測定を行う。

鉄筋のひずみ測定位置を図4.5.2.8～図4.5.2.10に示す。

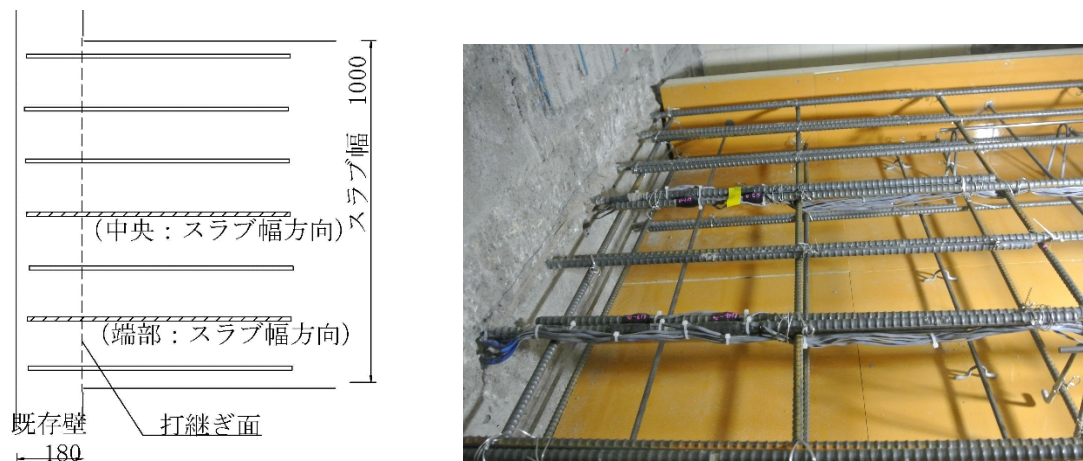


図4.5.2.8 アンカー筋および定着筋のひずみ測定位置(平面図，写真)

スラブ振動，乾燥収縮，コンクリート強度の測定，およびひび割れの観測を，定期的を実施する。

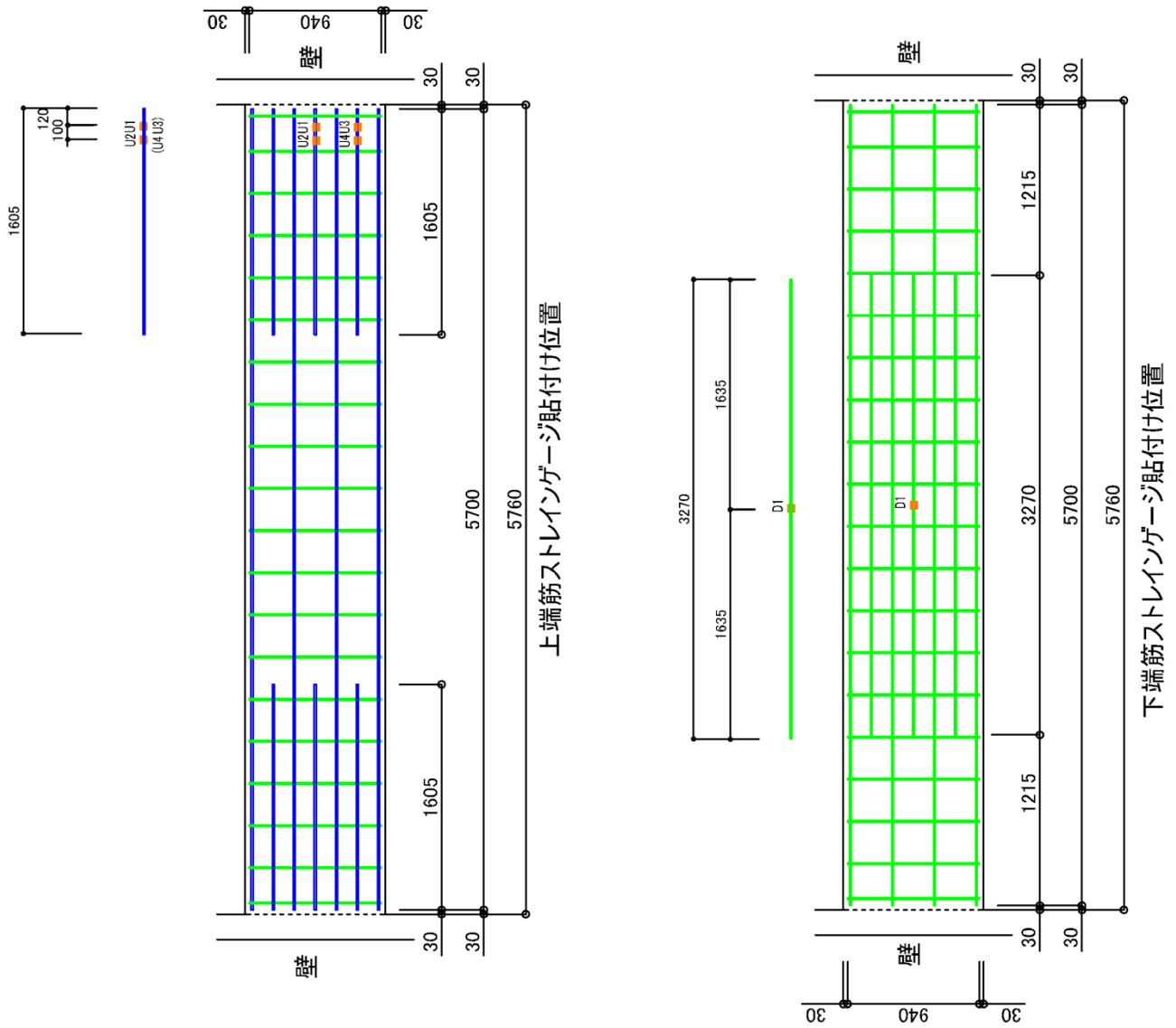


図 4.5.2.9 鉄筋(スラブ筋)ひずみ測定位置図

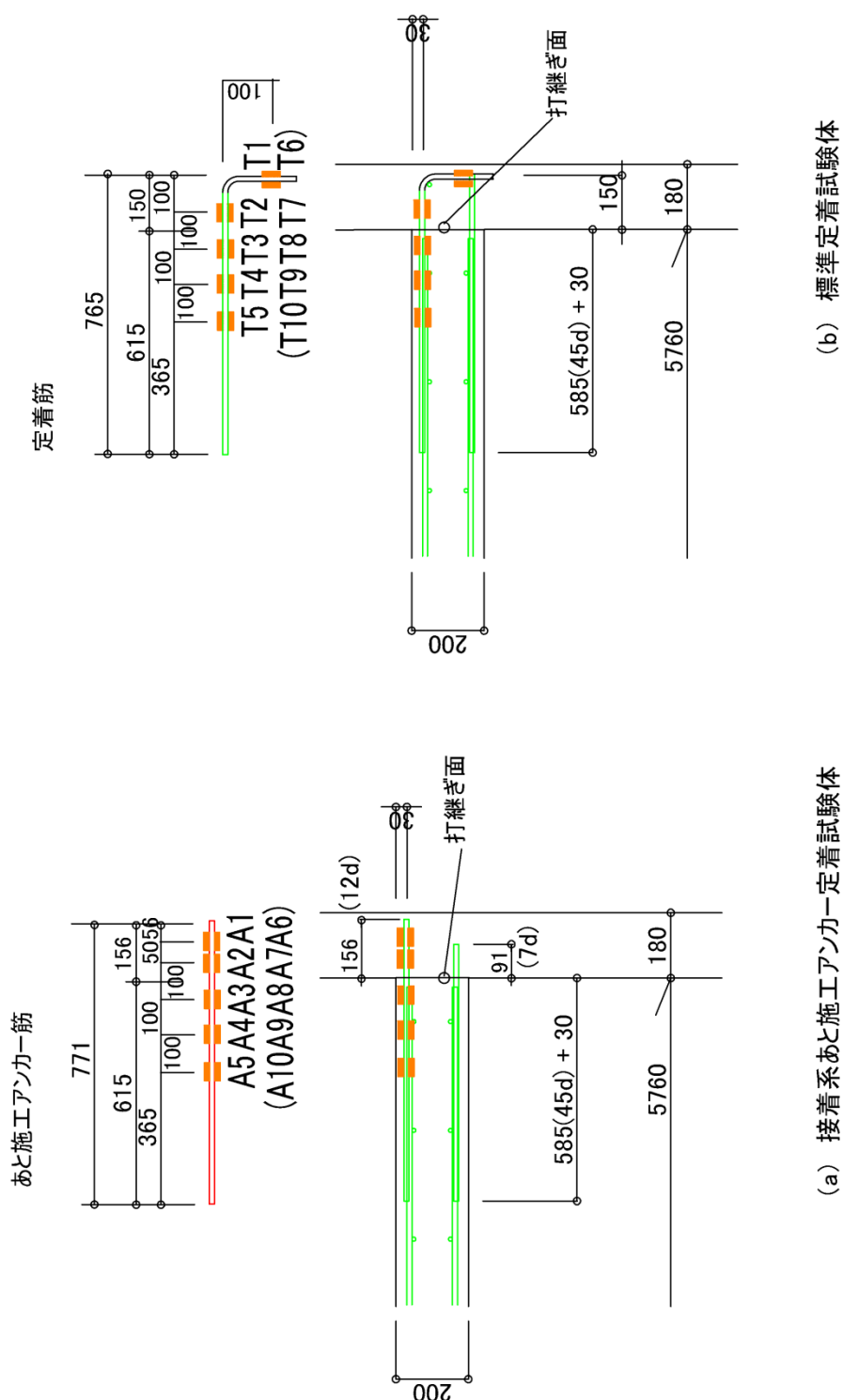


図 4.5.2.10 鉄筋(あと施工アンカー筋, 定着筋)ひずみ測定位置図

4-5-3 実験経過

実験の経過報告として、床底板の型枠脱型を行った2016年1月29日から2018年1月31日(経過日数：733日)までの実験結果を以下に示す。

4-5-3-1 試験体の変形

201, 101号室の中央のたわみ量を図4.5.3.1に、あと施工アンカー筋の抜出し(201号室, 階段室側)を図4.5.3.2に示す。両端固定の一方方向スラブの計算値(1.07 mm)を示す。計算値に用いたコンクリートの静弾性係数は、材令4週の結果(2.93×10⁴ N/mm²)とした。

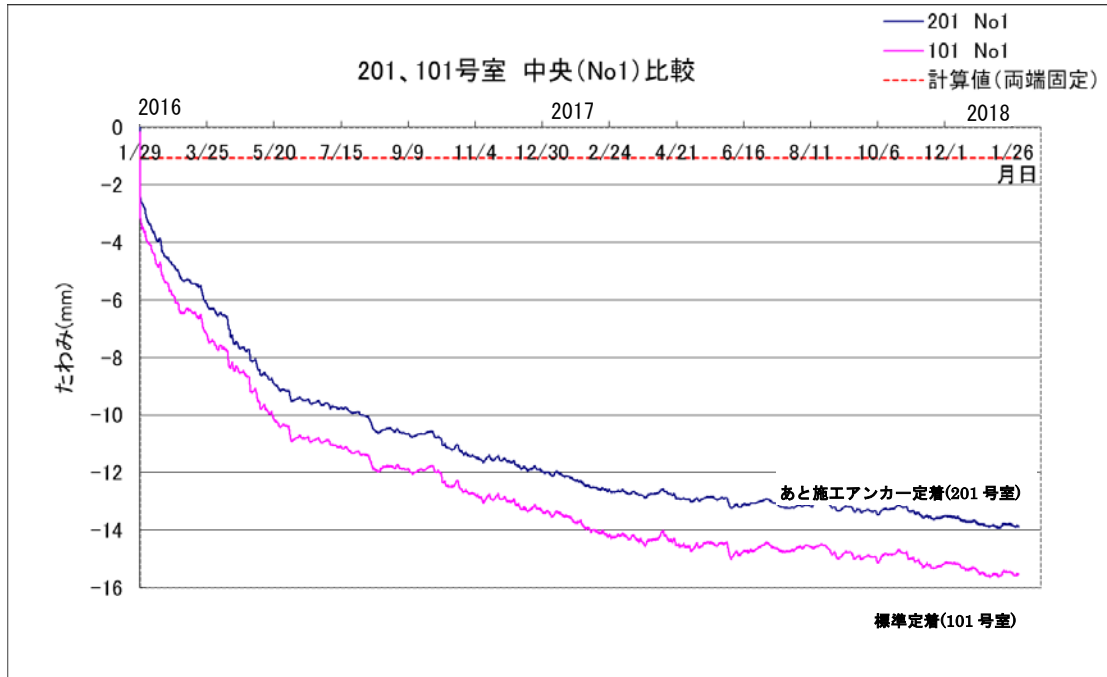


図 4.5.3.1 201, 101号室の中央のたわみ量

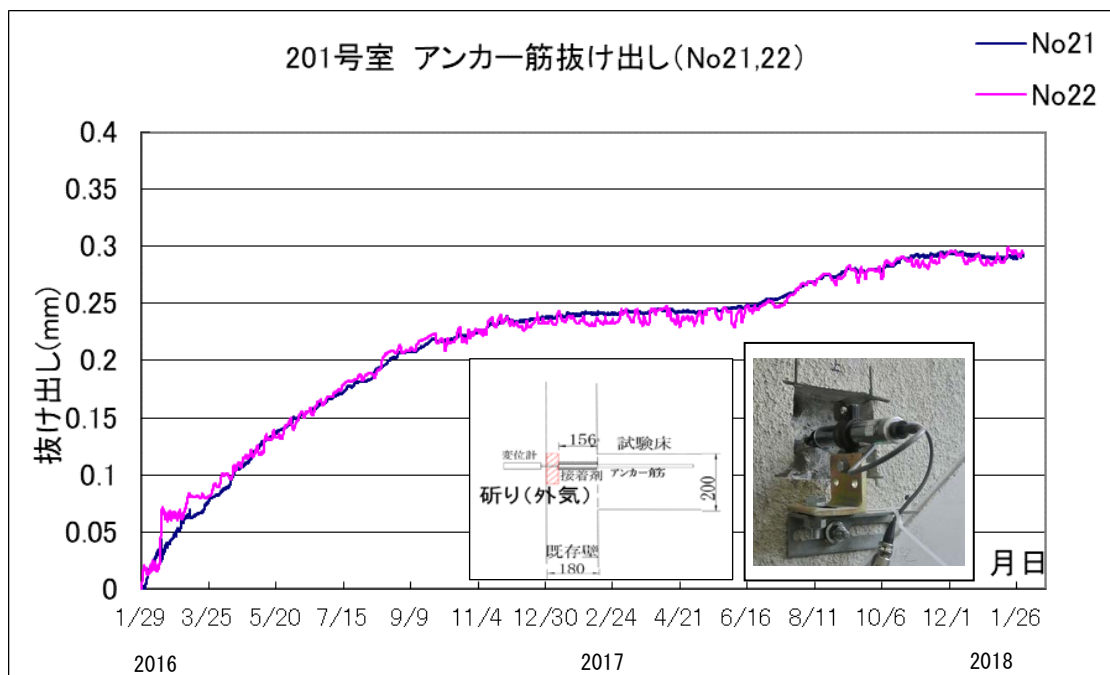


図 4.5.3.2 あと施工アンカー筋の抜出し(201号室, 階段室側)

試験 201, 101 号室のたわみ分布を図 5.2.3.3 に示す。

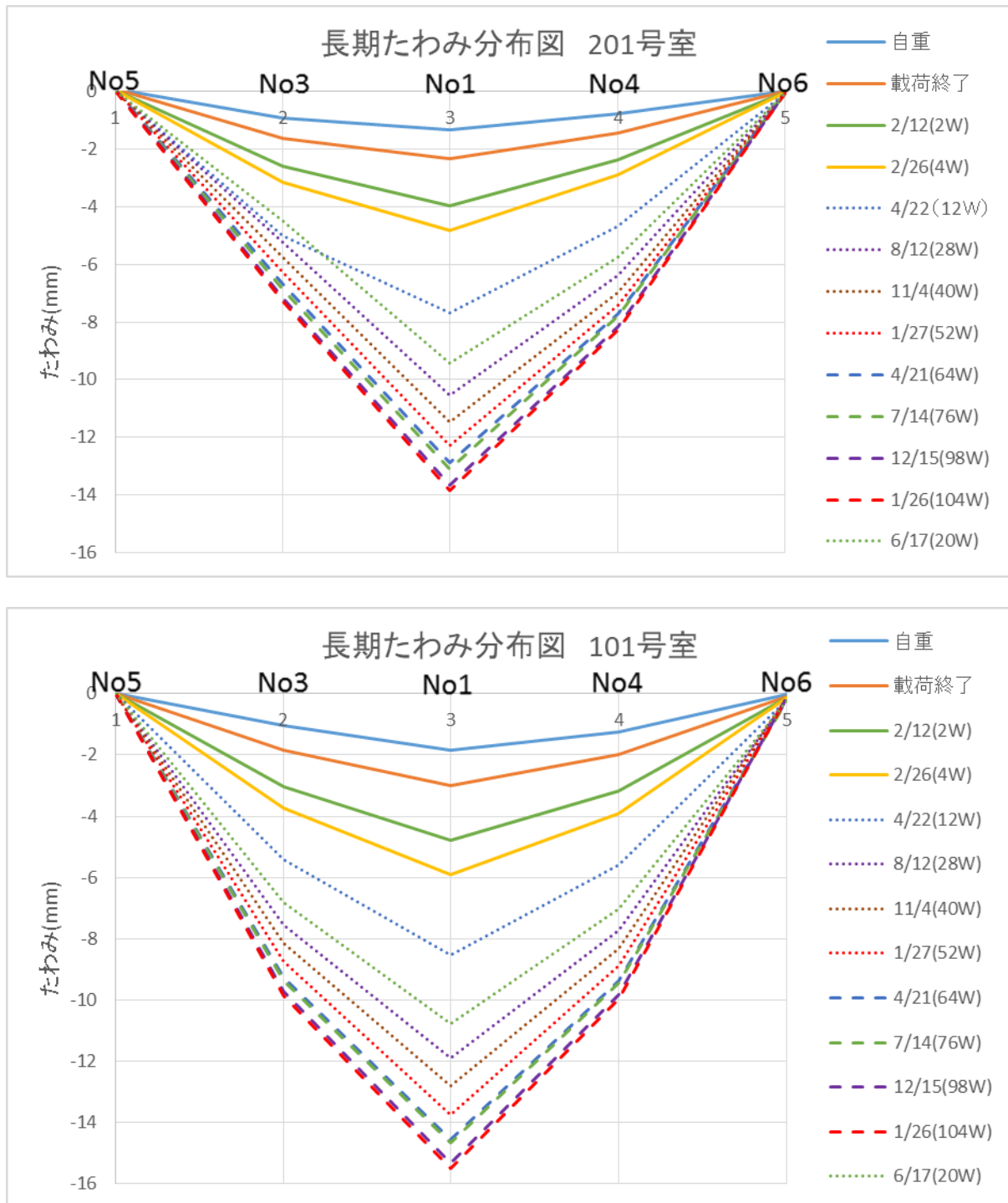
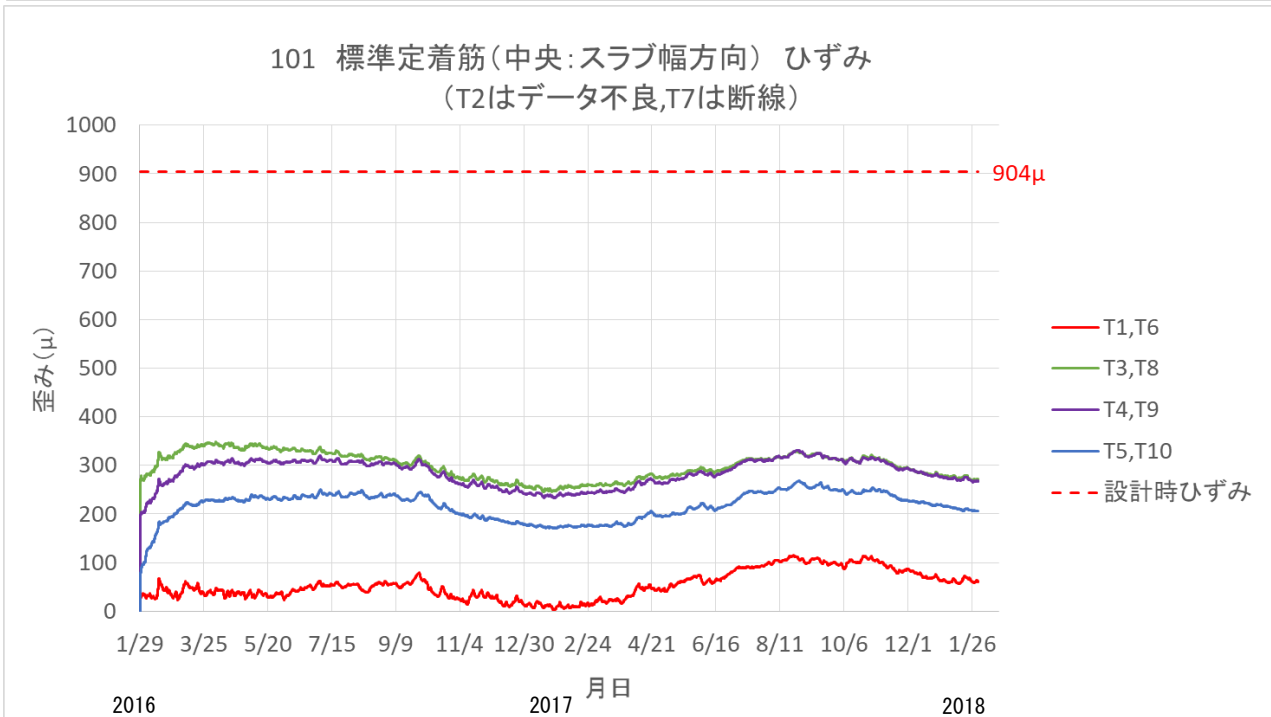
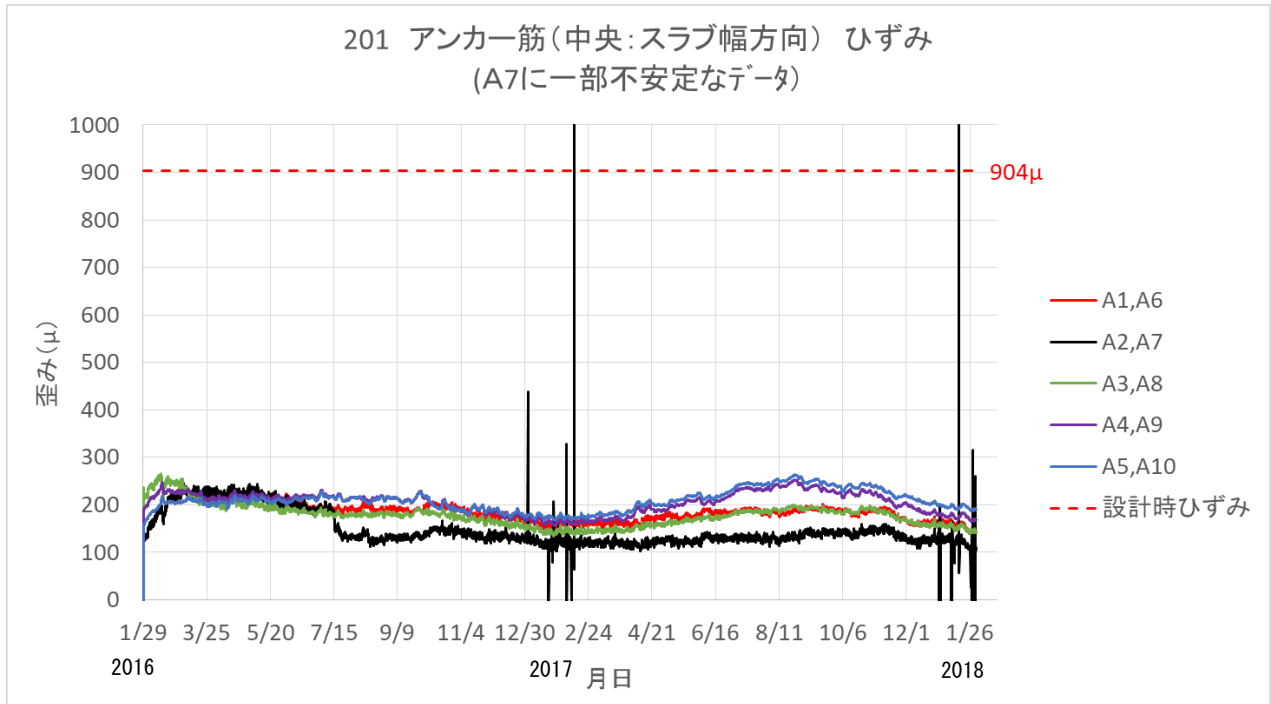


図 4.5.3.3 201, 101 号室のたわみ分布

4-5-3-2 あと施工アンカー筋および定着筋のひずみ

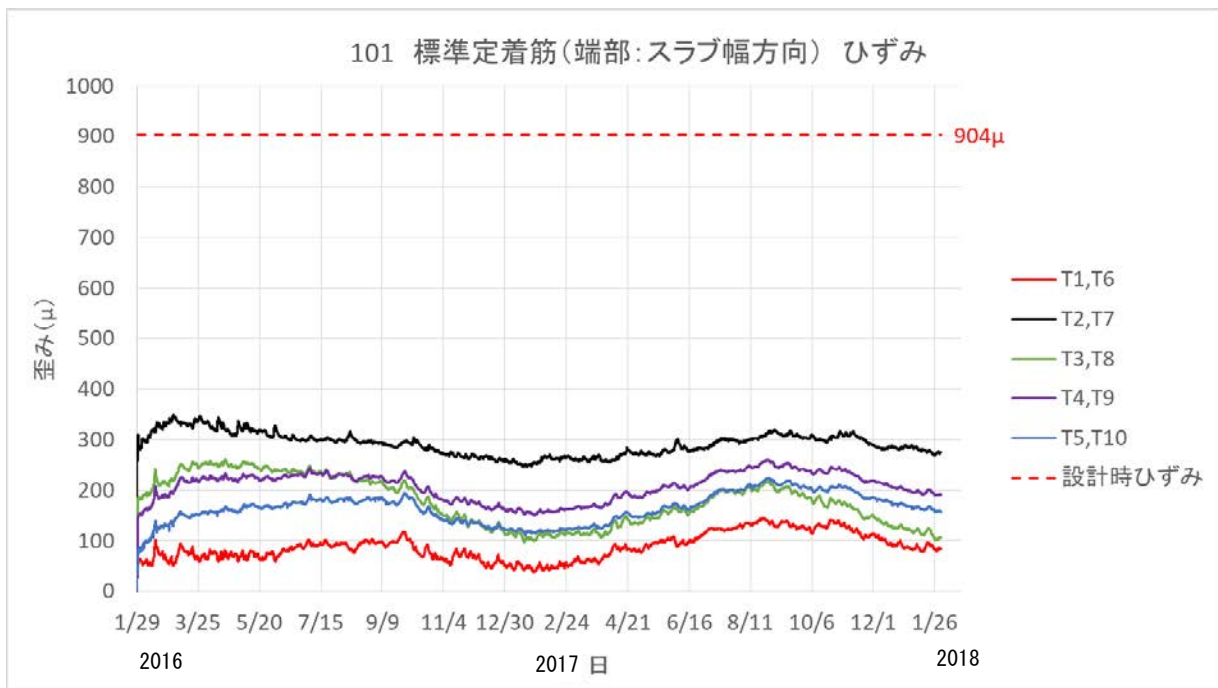
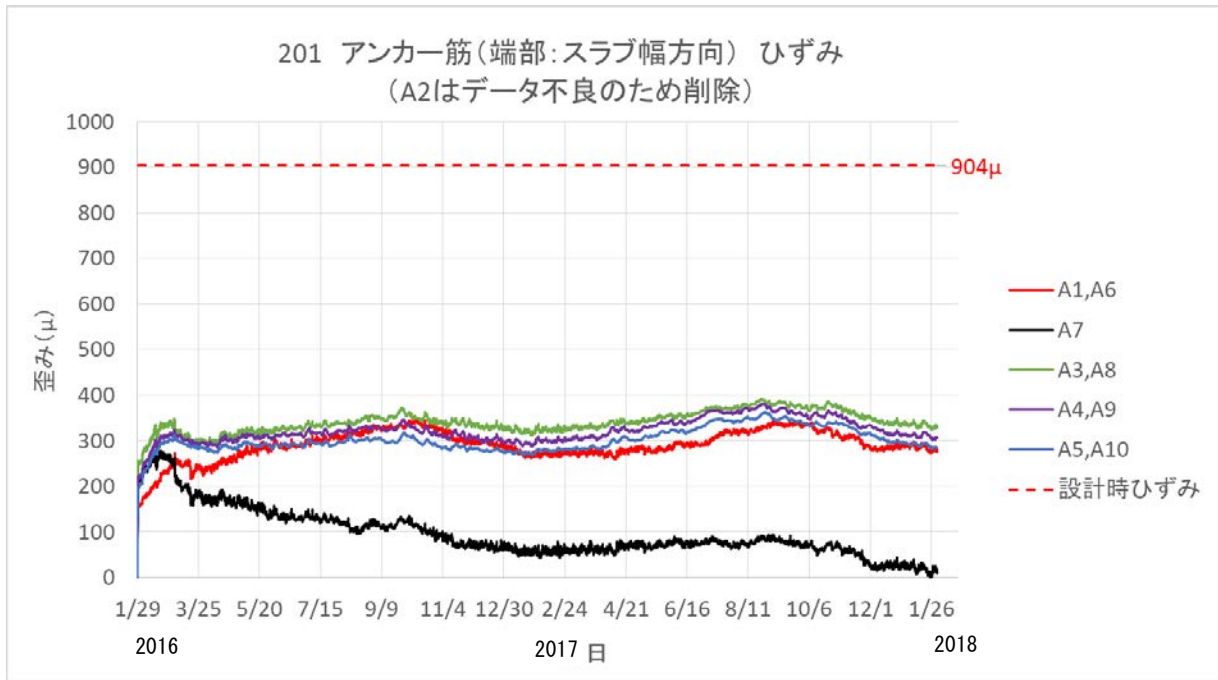
201号室のあと施工アンカー筋および101号室の標準定着筋のひずみを図4.5.3.4, 図4.5.3.5に示す。ひずみは、各ひずみ測定位置の上下に貼りつけたゲージの平均とした。

あと施工アンカー筋および標準定着筋の設計時ひずみ(904 μ)の算定は4-5-4-6項に示す。



(中央:スラブ幅方向)

図4.5.3.4 201号室のあと施工アンカー筋および101号室の標準定着筋のひずみ



(端部:スラブ幅方向)

図 4.5.3.5 201号室のあと施工アンカー筋および101号室の標準定着筋のひずみ

4-5-3-3 試験体のひび割れ

201, 101号室のひび割れ図を図4.5.3.6, 図4.5.3.7に示す。

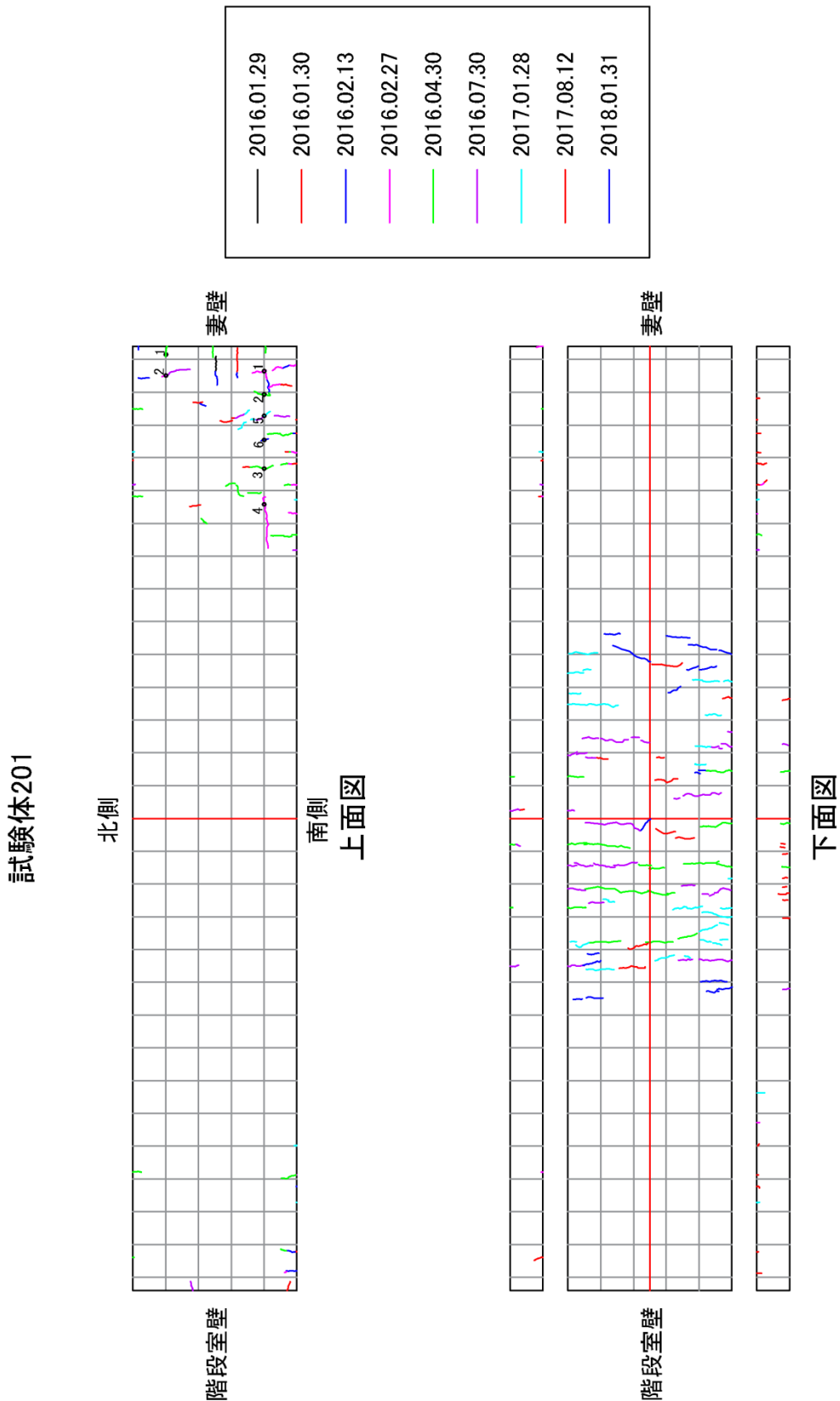


図4.5.3.6 201号室 ひび割れ図

試験体101

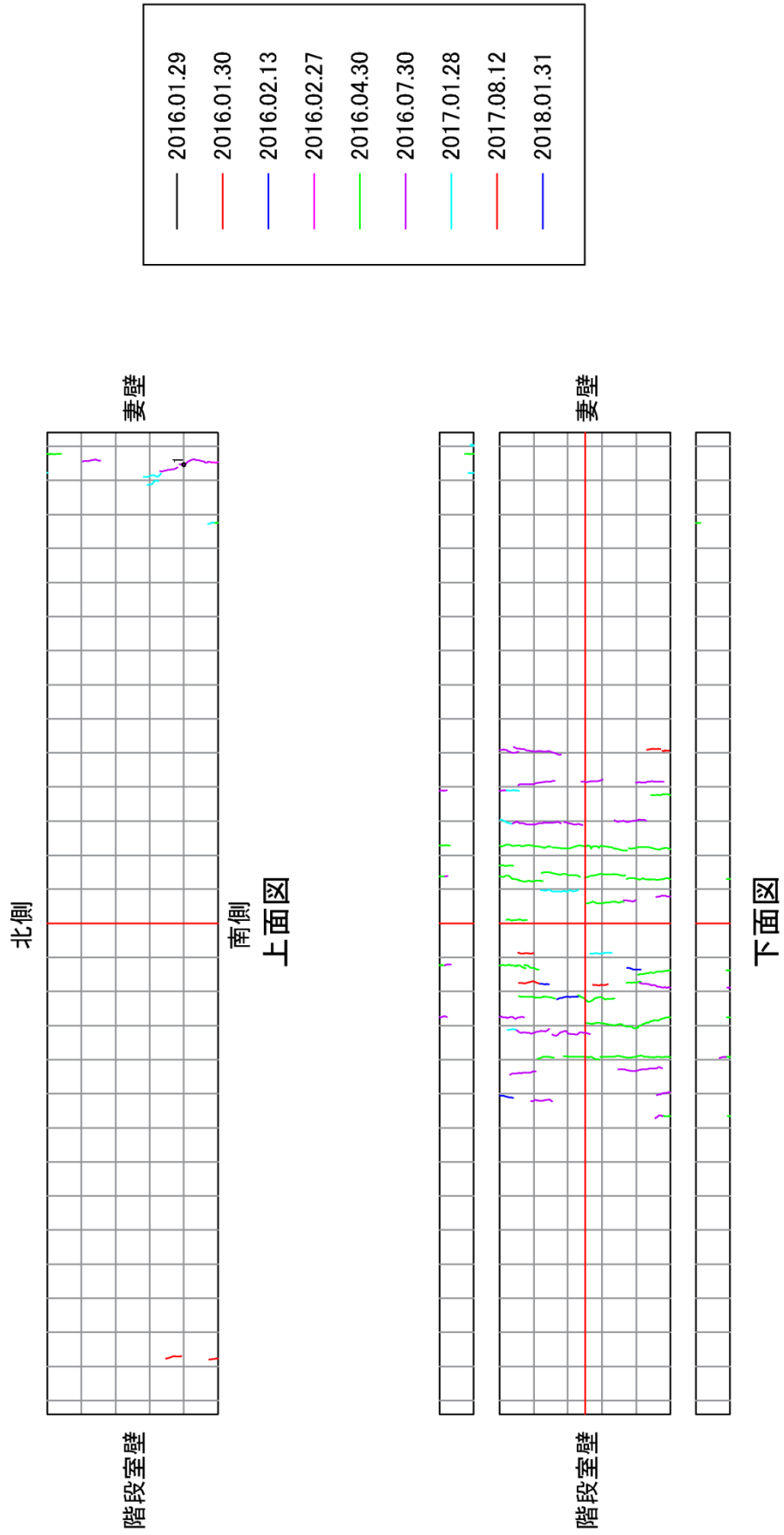


図 4.5.3.7 101号室 ひび割れ図

201号室および101号室のひび割れ幅を、デジタルマイクロスコープを用いて測定を行った。測定位置は、201号室では妻壁の南側(測定位置1~6)および北側(測定位置1, 2)と、101号室では妻壁の南側(測定位置1)を、ひび割れ測定を行った日に測定した。

測定位置を、図4.5.3.6、図4.5.3.7に示す。ひびわれ幅の測定経過の一覧を表4.5.3.1に示す。デジタルマイクロスコープを用いて撮影した画像例(201号室 妻壁 南側 測定位置1)を写真4.5.3.1に示す。ひびわれ幅は、専用ソフトを用いて各画像で5ヶ所ずつ計り平均値とした。

表4.5.3.1 ひびわれ幅の測定経過の一覧 (単位: mm)

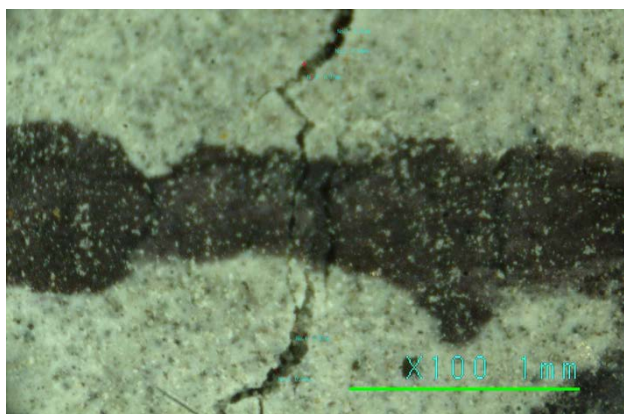
201号室 妻壁 南側					
測定位置	測定日				
	2016/4/30	2016/7/30	2017/1/28	2017/8/12	2018/1/31
1	0.05	0.04	0.06	0.06	0.06
2	0.04	0.03	0.05	0.04	0.05
3	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
4	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04
5	----	----	----	0.05	0.05
6	----	----	----	----	0.05
201号室 妻壁 北側					
測定位置	測定日				
	2016/4/30	2016/7/30	2017/1/28	2017/8/12	2018/1/31
1	----	0.05	0.06	0.05	0.04
2	----	0.03	0.04	0.04	0.04
101号室 妻壁 南側					
測定位置	測定日				
	2016/4/30	2016/7/30	2017/1/28	2017/8/12	2018/1/31
1	----	0.04	0.05	0.04	0.04

201号室および101号室の既存壁と試験床との打継面に生じた目開きの幅を、クラックスケール等を用いて測定を行った。測定位置は、201号室および101号室の階段室側壁と妻側壁の南側および北側各1箇所を、ひび割れ測定を行った日に測定した。

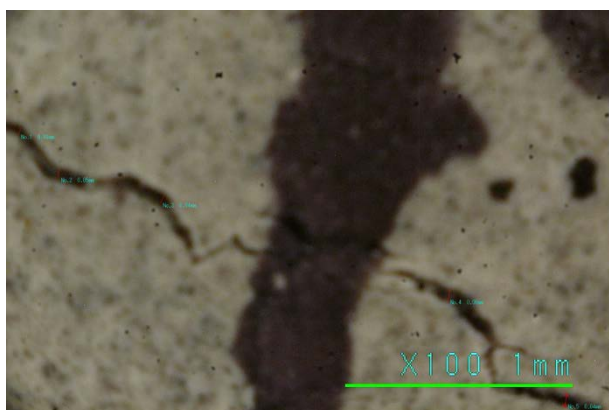
打ち継ぎ面の目開き幅の測定経過一覧を表4.5.3.2に示す。

表4.5.3.2 打ち継ぎ面の目開き幅 測定経過一覧(単位: mm)

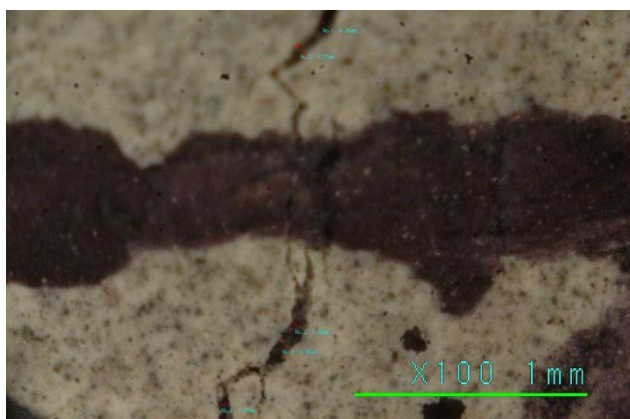
201号室					
測定位置		測定日			
		2016/7/30	2017/1/28	2017/8/12	2018/1/31
階段室壁	南側	0.7	0.8	0.8	0.9
	北側	0.9	0.9	1.0	1.1
201号室					
測定位置		測定日			
		2016/7/30	2017/1/28	2017/8/12	2018/1/31
妻壁	南側	0.4	0.5	0.5	0.6
	北側	0.3	0.4	0.4	0.4
101号室					
測定位置		測定日			
		2016/7/30	2017/1/28	2017/8/12	2018/1/31
階段室壁	南側	0.3	0.4	0.5	0.6
	北側	0.3	0.3	0.4	0.5
101号室					
測定位置		測定日			
		2016/7/30	2017/1/28	2017/8/12	2018/1/31
妻壁	南側	0.4	0.4	0.5	0.6
	北側	0.4	0.4	0.4	0.4



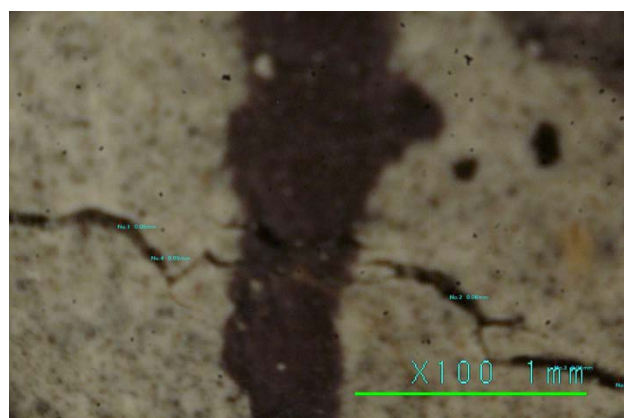
測定日 2016/4/30



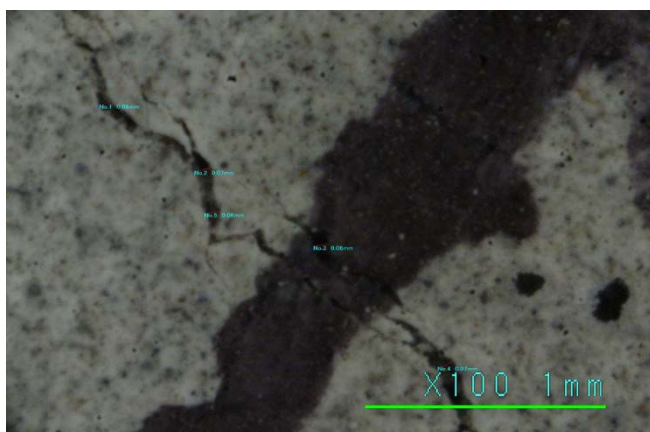
測定日 2016/7/30



測定日 2017/1/28



測定日 2017/8/12



測定日 2018/1/31

画像中の太い黒墨線はひび割れ測定用のマス目

(201号室 妻壁 南側 測定位置1)

写真4.5.3.1 デジタルマイクロスコープによるひび割れ幅の撮影画像例

4-5-3-4 試験体の振動測定

201, 101号室の固有振動数の測定結果を表4.5.3.3に示す。

表4.5.3.3 201, 101号室の固有振動数の測定結果

鉄筋載荷後	実験日	振動数(Hz)	
		201号室	101号室
4日	2016/2/2	12.5	15.6
18日	2016/2/16	12.5	14.1
33日(5W)	2016/3/2	12.2	13.6
89日(13W)	2016/4/27	11.6	13
194日(28W)	2016/8/10	11.4	12.2
369日(53W)	2017/2/1	11.3	12.5
550日(79W)	2017/8/1	11.4	11.7
733日(105W)	2018/1/31	11.1	12.5

4-5-3-5 コンクリートの乾燥収縮

201, 101号室の温湿度を図4-5.3.8に示す。

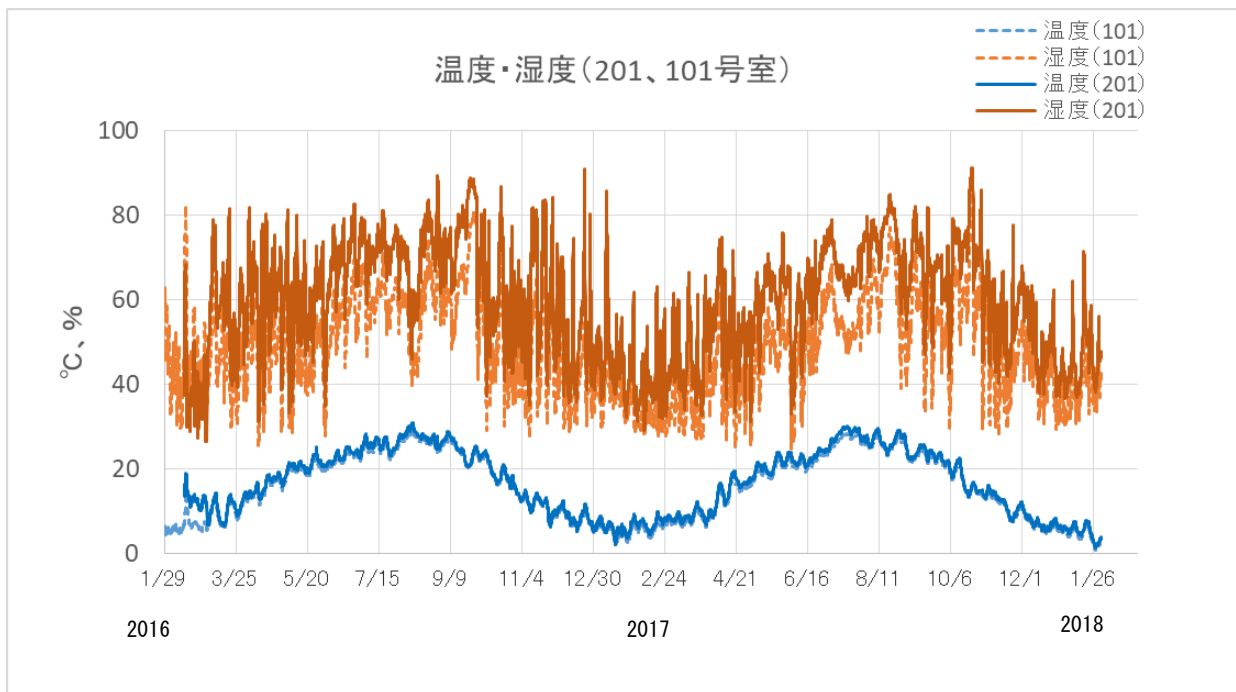


図4-5.3.8 201, 101号室の温湿度

4-5-4 まとめ

実建物における新設スラブの主筋定着に接着系あと施工アンカーを用いたときの当該スラブの長期性状を把握することを目的として、長期荷重試験を実施した。鉄筋荷重直後の変形は、接着系あと施工アンカー定着によるスラブで 2.34 mm、標準定着によるスラブで 3.01 mm であった。

荷重後 2 年経過した時点での変形は、各々 13.9 mm、15.5 mm であった。両端固定の一方スラブの計算値(1.07 mm)に対する長期たわみ増大率は、各々 13.0、14.5 であった。

4-5-4-1 スラブ中央の長期たわみ量と長期たわみ増大率

各試験体の現在(2018.1.31)までのスラブ中央の長期たわみ量(δ_L)および長期たわみ量の弾性たわみ(δ_e)に対する倍率(以下、増大率という)を表 4.5.4.1、図 4.5.4.1 に示す。

長期たわみ量は図 4.5.3.1 に示す変形量を用い、弾性たわみ(δ_e)は、スラブ内法スパン 5 760 mm で算定した 1.07 mm とする。

表 4.5.4.1 長期たわみ量および増大率

試験体名	経過日数	自重	自重+積載	1W	2W	4W	8W(2ヶ月)	13W(3ヶ月)	26W(6ヶ月)	54W	73W	105W
201号室	変位	1.24	2.34	3.32	3.95	4.82	6.21	7.84	9.89	12.5	13.1	13.9
201号室	増大率	1.76	2.18	3.1	3.69	4.5	5.8	7.33	9.24	11.7	12.2	13.0
101号室	変位	1.73	3.01	4.04	4.8	5.91	7.31	8.88	11.3	14.0	14.8	15.5
101号室	増大率	2.47	2.81	3.78	4.48	5.52	6.83	8.29	10.5	13.1	13.8	14.5

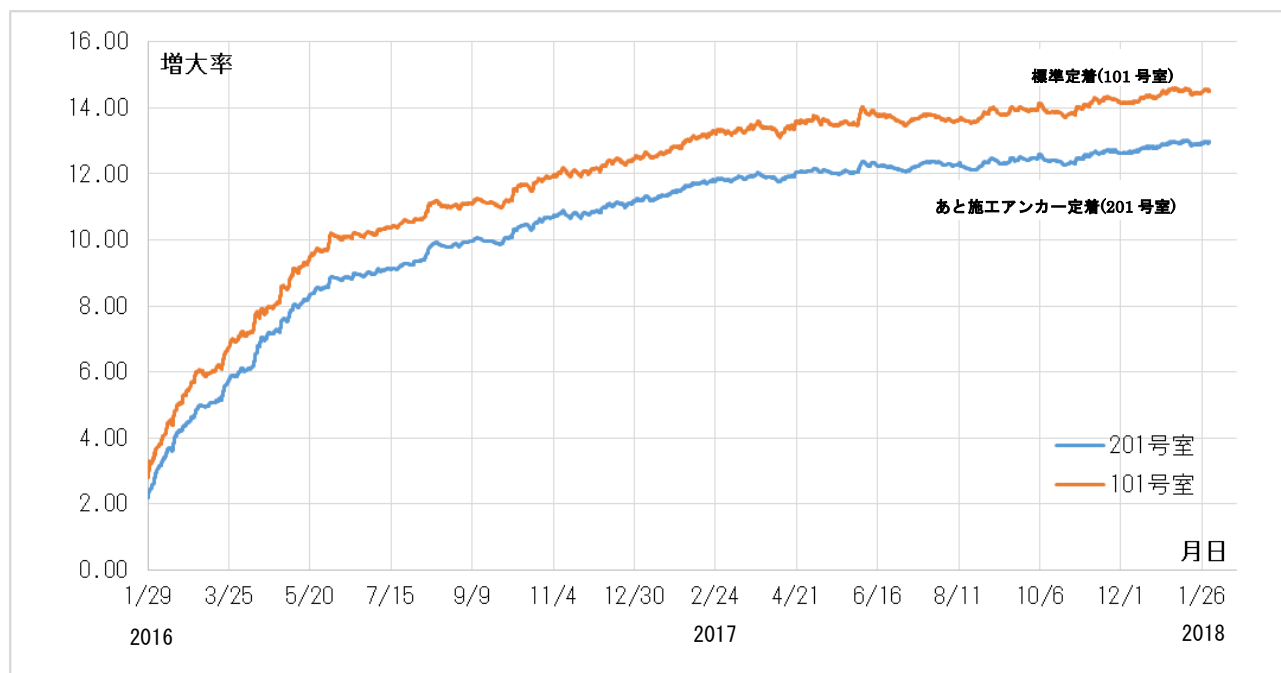


図 4.5.4.1 201, 101 号室の増大率

4-5-4-2 増大率の予測

鉄筋載荷後のたわみ測定結果を、(4.5.4.1)式に示す双曲線式を用いて、係数 A, B, C を求め、増大率を推定する。

$$Y_t = \frac{t}{A+B \cdot t} + C \quad \dots\dots\dots (4.5.4.1) \text{式}$$

ここで、 Y_t : 載荷開始後の任意時間 t までに生じる増大率
 t : 経過時間(鉄筋載荷日を基準とし、単位は日とする)
 A, B : 測定結果から決まる定数
 C : 載荷完了時の増大率

実験結果から(4.5.4.1)式の常数 A, B および C を決定するため、次に示す方法を用いた。

各測定時間 $t_1, t_2, t_3 \dots t_n$ における増大率を $Y_{t1}, Y_{t2}, Y_{t3} \dots Y_{tn}$ とする。

これらを(4.5.4.1)式に代入すると(4.5.4.2)式となる。

$$A + B \cdot t_i = \frac{t_i}{Y_{t_i}} \quad (i=1, 2, 3 \dots n) \quad \dots\dots\dots (4.5.4.2) \text{式}$$

これらの n 個の式を全て加算して(4.5.4.3)式を得る。

$$n \cdot A + B \sum_{i=1}^n t_i = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{Y_{t_i}} \quad \dots\dots\dots (4.5.4.3) \text{式}$$

また、(4.5.4.2)式の両辺に t_i を乗ざると(4.5.4.4)式となる。

$$A \cdot t_i + B \cdot t_i^2 = \frac{t_i^2}{Y_{t_i}} \quad (i=1, 2, 3 \dots n) \quad \dots\dots\dots (4.5.4.4) \text{式}$$

これらの n 個の式を全て加算して(4.5.4.5)式を得る。

$$A \sum_{i=1}^n t_i + B \sum_{i=1}^n t_i^2 = \sum_{i=1}^n \frac{t_i^2}{Y_{t_i}} \quad \dots\dots\dots (4.5.4.5) \text{式}$$

(4.5.4.3)式と(4.5.4.5)式より A および B を求めると、(4.5.4.6)式および(4.5.4.7)式となる。

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n t_i^2 \cdot \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{Y_{t_i}} - \sum_{i=1}^n t_i \cdot \sum_{i=1}^n \frac{t_i^2}{Y_{t_i}}}{n \cdot \sum_{i=1}^n t_i^2 - (\sum_{i=1}^n t_i)^2} \quad \dots\dots\dots (4.5.4.6) \text{式}$$

$$B = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n \frac{t_i^2}{Y_{t_i}} - \sum_{i=1}^n t_i \cdot \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{Y_{t_i}}}{n \cdot \sum_{i=1}^n t_i^2 - (\sum_{i=1}^n t_i)^2} \quad \dots\dots\dots (4.5.4.7) \text{式}$$

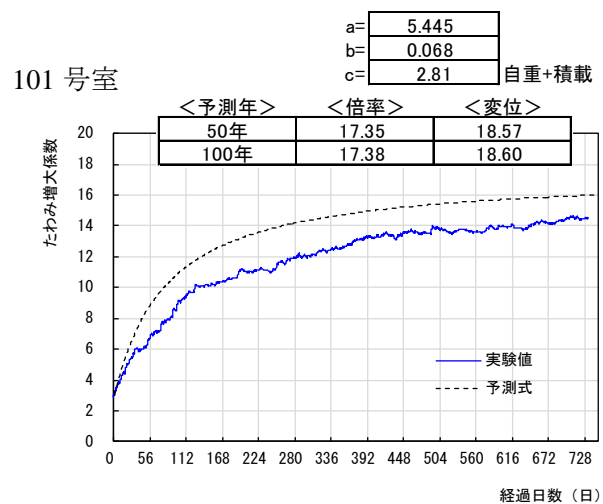
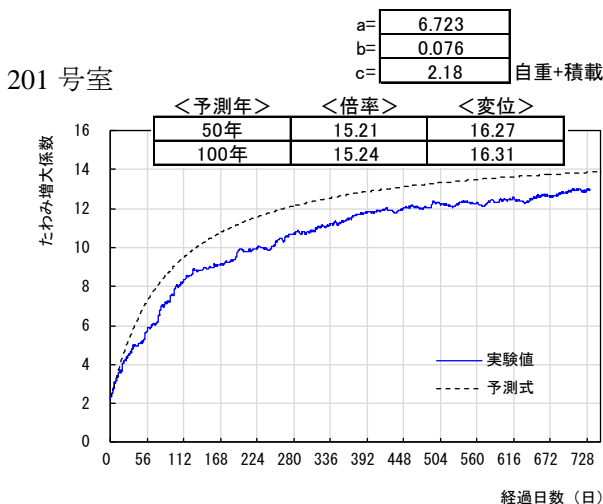


図 4.5.4.2 201, 101号室の増大率の予測

4-5-4-3 増大率(たわみ倍率)の算定

「鉄筋コンクリート計算規準・同解説(2010年版)付7.長期荷重時におけるひび割れと変形による増大率(たわみ倍率)」の改定案による算定を、表4.5.4.2に示す。

表 4.5.4.2 鉄筋コンクリート計算規準・同解説(2010年版)付7の改定案による増大率(たわみ倍率)

分類	名称	記号・備考	単位	標準定着試験体 (101号室)	
				材料設計値	材料実測値
				コンクリート111W	
形状	スラブ形式		-	在来形式	在来形式
	主方向スパン	Lx	mm	5760	5760
	直交方向スパン	Ly	mm	0	0
	スラブ厚	T	mm	200	200
	プレキャスト板厚	t	mm	0	0
材料特性	新設床 コンクリート強度	Fc	N/mm ²	18	39.8
	新設床 コンクリート弾性係数	Ec	N/mm ²	20600	30430
	鉄筋 弾性係数	Es	N/mm ²	205000	174000
	ヤング係数比	n	-	9.95	5.72
	クリフ係数	ψ	-	3.0	3.0
	ヤング係数比(クリフ考慮)	n'	-	39.8	22.9
	乾燥収縮ひずみ	ϵ_{sh}	$\times 10^{-6}$	400	398
荷重	仕上+積載荷重 (1m幅)	Wf1	N/m ²	2500	2500
	自重 (1m幅)	Ws	N/m ²	4800	4800
	線荷重(等分布) (1m幅)	W	kN/mm	7.3	7.3
鉄筋	端部上主筋	鉄筋種類	-	-	D13
	鉄筋径	Du	-	-	13
	ピッチ	Pu1	mm	150	150
	鉄筋総断面積 (1m幅)	Au	mm ²	889	889
	引張縁から引張鉄筋重心までの距離	dt1	mm	36.5	36.5
	有効せい	d1	mm	163.5	163.5
	端部下主筋	鉄筋種類	-	-	D10
	鉄筋径	Dd	-	-	10
	ピッチ	Pd1	-	-	300
	鉄筋断面積 (1m幅)	Ad	mm ²	213	213
	圧縮縁から圧縮鉄筋重心までの距離	dc1	mm	35.0	35.0
	複筋比 (端部)	γ_1	-	-	0.24
	引張鉄筋比 (端部)	Pt1	%	0.54	0.54
	中央上端主筋	鉄筋種類	-	-	D13
	鉄筋径	Du	-	-	13
	ピッチ	Pu2	-	-	300
	鉄筋断面積 (1m幅)	Ad	mm ²	381	381
	圧縮縁から圧縮鉄筋重心までの距離	dc2	mm	36.5	36.5
	中央下端主筋	鉄筋種類	-	-	D10
	鉄筋径	Du	-	-	10
	ピッチ	Pd2	-	-	150
	鉄筋断面積 (1m幅)	As	mm ²	497	497
	引張縁から引張鉄筋重心までの距離	dt2	mm	35.0	35.0
	有効せい	d2	mm	165.0	165.0
	複筋比 (中央)	γ_2	-	-	0.77
	引張鉄筋比 (中央)	Pt2	%	0.30	0.30
	かぶり厚さ(上端)	Cu	mm	30	30
かぶり厚さ(下端)	Cd	mm	30	30	
断面性能	断面積 (1m幅)	Ac	mm ²	200000	200000
	断面1次モーメント (1m幅)	S	mm ³	20000000	20000000
	中立軸	G	mm	100	100
	断面2次モーメント (1m幅)	Ig	mm ⁴	66666667	66666667
	断面係数(上端) (1m幅)	Z1	mm ³	6666667	6666667
	断面係数(下端) (1m幅)	Z2	mm ³	6666667	6666667
	二方向応力倍率	α	-	1.000	1.000
	弾性時 端部上端モーメント	Ma1	kN.m	20.18	20.18
	弾性時 中央下端モーメント	Ma2	kN.m	13.46	13.46
	初期弾性時たわみ	δe	mm	1.52	1.03

表 4.5.4.2 鉄筋コンクリート計算規準・同解説(2010年版)付7の改定案による増大率(たわみ倍率)

(続き)

分類	名称	記号・備考	単位	標準定着試験体(101号室)	
				材料設計値	材料実測値
乾燥収縮による応力	乾燥収縮時 鉄筋拘束力 (端部)	Psh ₁	N	74110	67774
	全鉄筋の重心位置 (端部)	g ₁	mm	139	139
	CON断面の重心と鉄筋重心との距離 (端部)	e ₁	mm	38.66	38.66
	乾燥収縮時 鉄筋拘束力 (中央)	Psh ₂	N	61286	55255
	全鉄筋の重心位置 (中央)	g ₂	mm	91	91
	CON断面の重心と鉄筋重心との距離 (中央)	e ₂	mm	9.2	9.2
	乾燥収縮時 鉄筋拘束応力 (端部)	σ sh ₁	N/mm ²	0.800	0.732
	乾燥収縮時 鉄筋拘束応力 (中央)	σ sh ₂	N/mm ²	0.391	0.353
曲げひび割れ耐力	曲げひび割れ耐力 (端部)	Mcr ₁	kN.m	5.75	11.61
	Mcr ₁ /Ma ₁			0.285	0.575
	曲げひび割れ耐力 (中央)	Mcr ₂	kN.m	8.48	14.13
	Mcr ₂ /Ma ₂			0.630	1.000
	中立軸深さ比 (端部)	Xn ₁	-	0.458	0.380
	ひび割れ断面2次モーメント (端部)	Icr ₁	kN.m	431350301	292472281
	中立軸深さ比 (中央)	Xn ₂	-	0.359	0.298
	ひび割れ断面2次モーメント (中央)	Icr ₂	kN.m	298422320	193537345
	等価断面2次モーメント (端部)	Ie ₁	mm ⁴	432902435	333405475
	等価断面2次モーメント (中央)	Ie ₂	mm ⁴	298783215	666666667
等価断面2次モーメント (合成)	Ie	mm ⁴	352430903	533362190	
ひび割れ・クリープによる倍率			K_{cr}+K_{cp}	7.57	5.00
乾燥収縮	ひび割れのない中立軸深さ (端部)	xn ₁	mm		
	全断面有効領域における曲率	φ shg ₁	mm ⁻¹		
	部材せいに関する係数 (端部)	kH ₁	-	改定案では削除	改定案では削除
	ひび割れ断面における曲率 (端部)	φ shcr ₁	mm ⁻¹		
	ひび割れを考慮した等価曲率 (端部)	φ she ₁	mm ⁻¹		
	ひび割れのない中立軸深さ (中央)	xn ₂	mm	101	101
	全断面有効領域における曲率	φ shg ₂	mm ⁻¹	1.61373E-07	9.66383E-08
	部材せいに関する係数	kH ₂	-	1.56	1.56
	ひび割れ断面における曲率 (中央)	φ shcr ₂	mm ⁻¹	2.63E-06	2.61E-06
	ひび割れを考慮した等価曲率 (中央)	φ she ₂	mm ⁻¹	1.65E-06	9.66E-08
等価曲率 (全体)	φ she	mm ⁻¹			
乾燥収縮によるたわみ	δ sh	mm	4.56	0.27	
乾燥収縮による倍率			K_{sh}	2.99	0.26
端部筋の拔出し	既存壁 コンクリート強度	Fc'	N/mm ²	24	18
	既存床 コンクリート弾性係数	Ec'	N/mm ²	22669	20596
	付着応力-すべり関係による付着剛性	Kt	N/mm ³	57.50	47.47
	付着応力に関する定数	k ₁	-	0.5	0.5
	付着応力に関する係数	k ₀	-	115.00	94.93
	α(t)の算出	α(t)	-	0.0131	0.0115
	ρ = au/Ace	ρ	-	0.0238	0.0238
	幅1m当たりの端部上端筋の総断面積	Au	mm ²	889	889
	幅1m当たりの端部上端筋に対する有効断面積	Ace	mm ²	37303	37303
	幅1m当たりの鉄筋の周長	U	mm	280	280
	σsの算出	σs	N/mm ³	164	159
	Se0の算出	Se0	mm	0.101	0.122
		τ yt	-	2.56	2.11
		k ₂	-	0.75	0.75
		τ y0	-	3.41	2.81
		Syt	-	0.044	0.044
	S ₀	mm	0.174	0.248	
鉄筋の拔出しによるたわみ	δ s	mm	2.828	3.522	
端部筋の拔出しによる倍率			K_s	1.86	3.41
全たわみ倍率 K			K_{cr}+K_{cp}+K_{sh}+K_s	12.41	8.67
			割り増し係数:1.3	16.14	11.28

4-5-4-4 既存壁・スラブ端部の変形および回転角

201号室および101号室の既存壁の変形測定方法を図4.5.4.3に示す。

201号室および101号室の既存壁の測定開始時からの変形を階段室壁の南側(測定番号⑪, ⑬), 北側(測定番号⑮, ⑰)および妻壁の南側(測定番号⑫, ⑭), 北側(測定番号⑯, ⑱)毎に図4.5.4.4～図4.5.4.8に示す。

201号室および101号室の階段室壁および妻壁の回転角を図4.5.4.9, 図4.5.4.10に示す。

階段室壁の回転角は, 南側では測定番号⑪と⑬の差を, 北側では測定番号⑮と⑰の差を測定間距離(1,200 mm)で除して求めた。

妻壁の回転角は, 南側では測定番号⑫と⑭の差を, 北側では測定番号⑯と⑱の差を測定間距離(1,200 mm)で除して求めた。

階段室壁と妻壁間の伸縮は, 試験床上から1,100 mmの位置にインバー線を変位計に取付けて, 南側(測定番号⑲), 北側(測定番号⑳)で測定した。

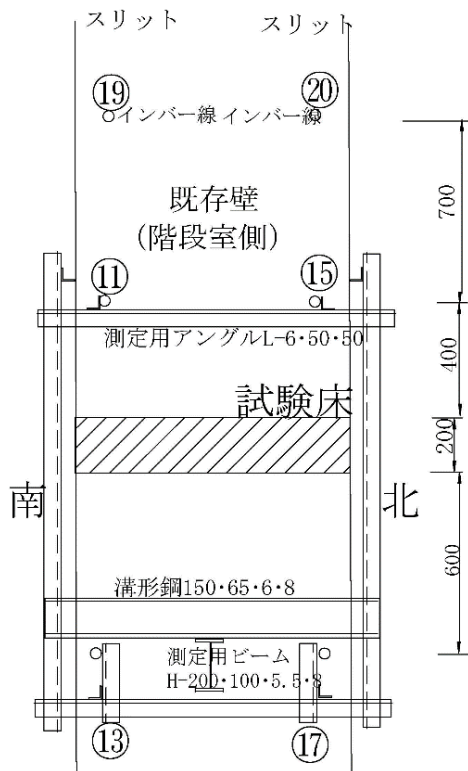


図4.5.4.3 201, 101号室 階段室側壁の変形測定方法

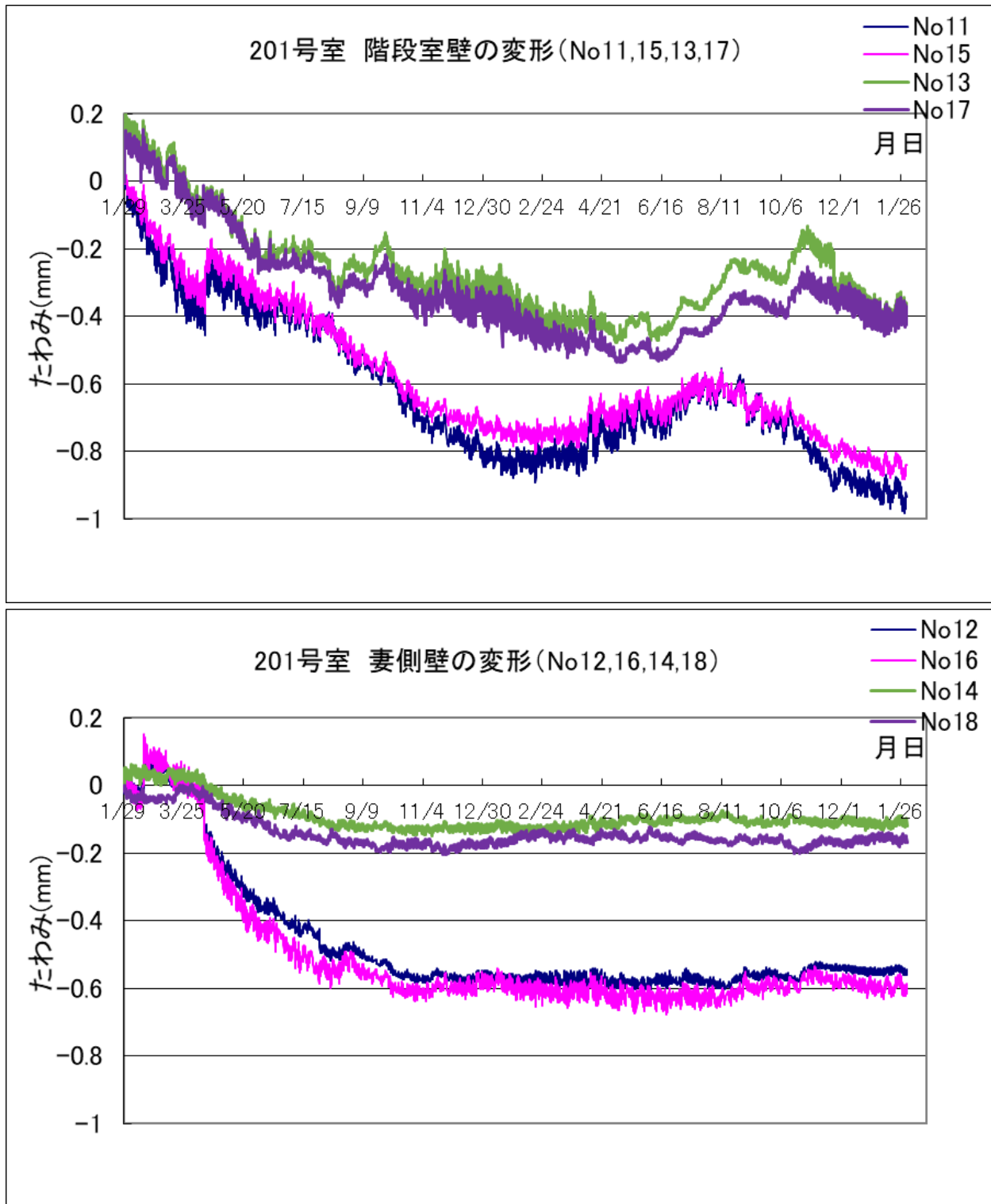


図 4.5.4.4 201号室の既存壁の変形

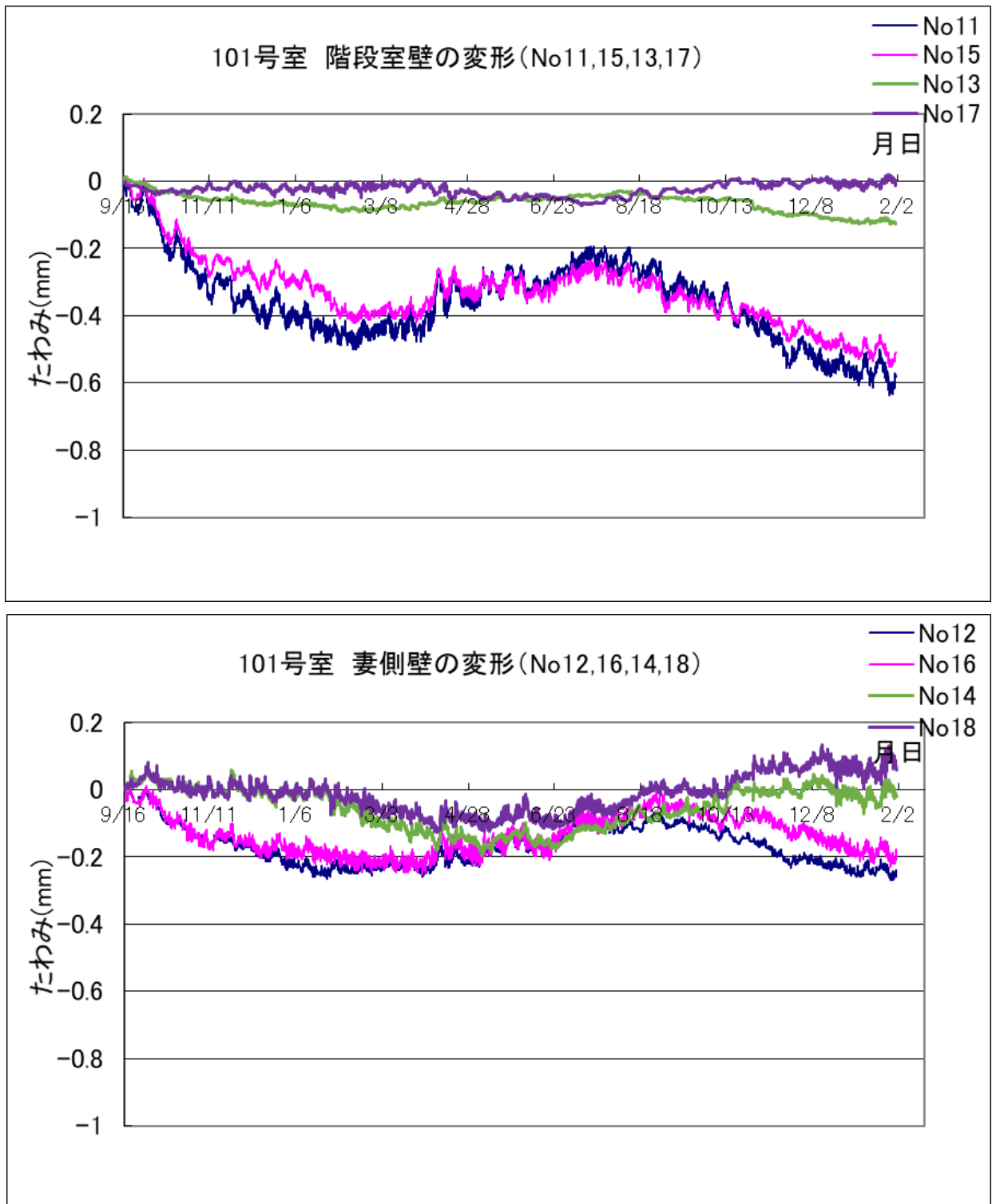


図 4.5.4.5 101号室の既存壁の変形(2016/9/16~2018/1/31)変位計取り換え後

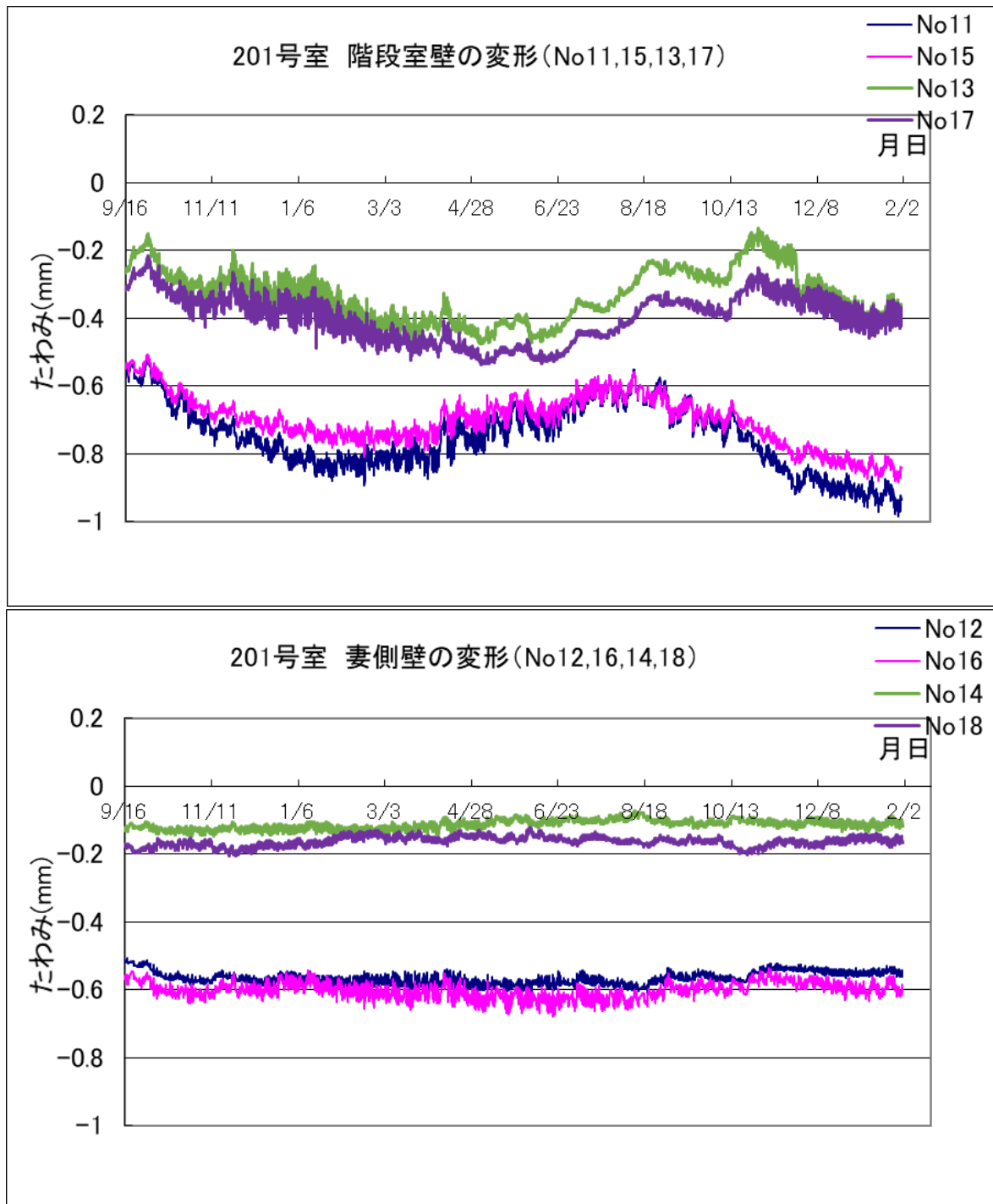


図 4. 5. 4. 6 201 号室の既存壁の変形 (2016/9/16～2018/1/31)

101 号室の変位計取り換え後の 2016/9/16～2018/1/31 までの既存壁変形は、階段室側で 0.6 mm、妻側で 0.3 mm 程度の変動である。

201 号室の 2016/9/16～2018/1/31 までの既存壁変形も、階段室側で 0.5 mm、妻側で 0.2 mm 程度の変動である。

101 号室の変位計取り換え後の既存壁の動きには、201 号室と 101 号室で同時期の変動量に差異は見られるが、現在までのところ特に不測となる現象は見られない。

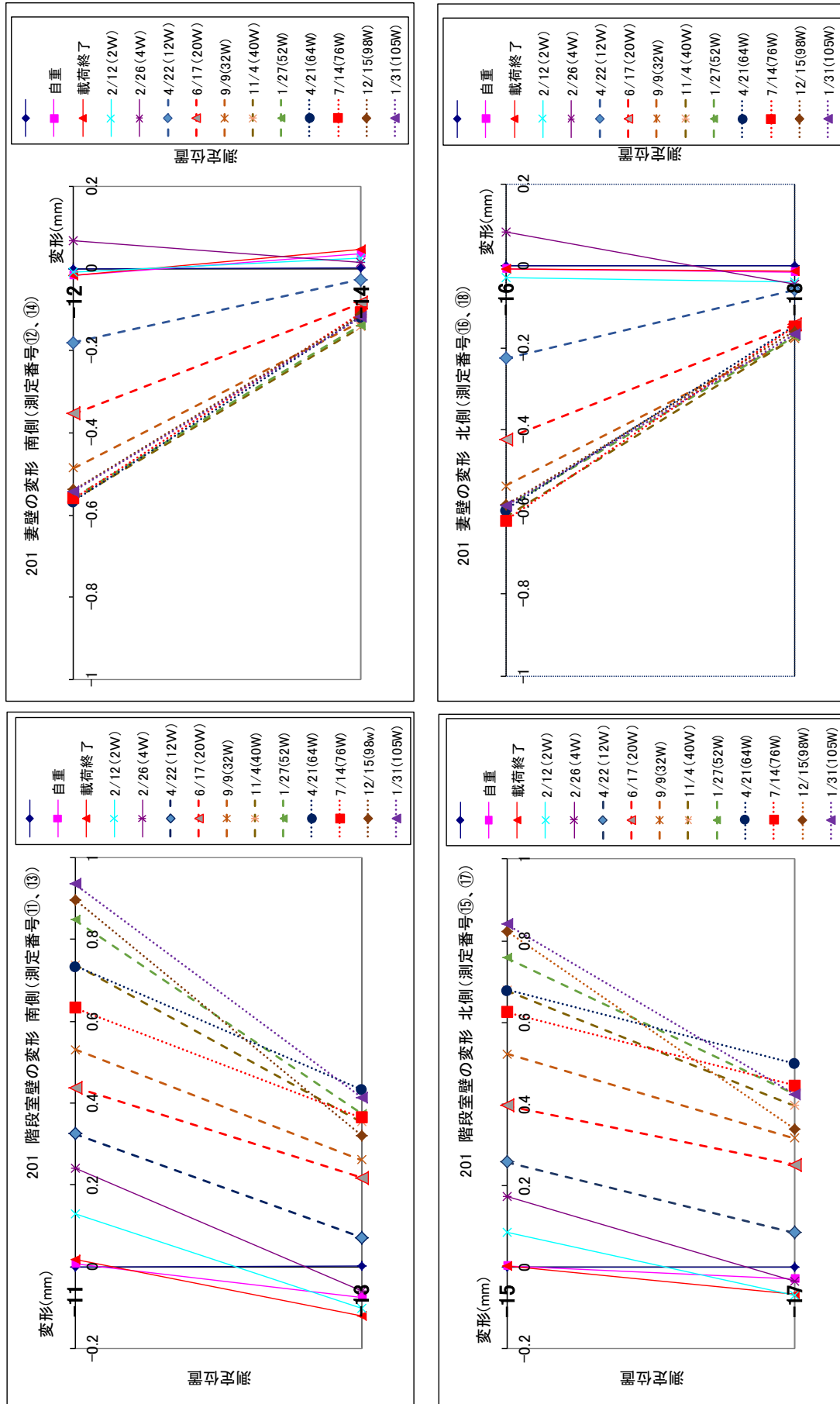


図 4.5.4.7 201 号室の既存壁の測定位置毎の変形

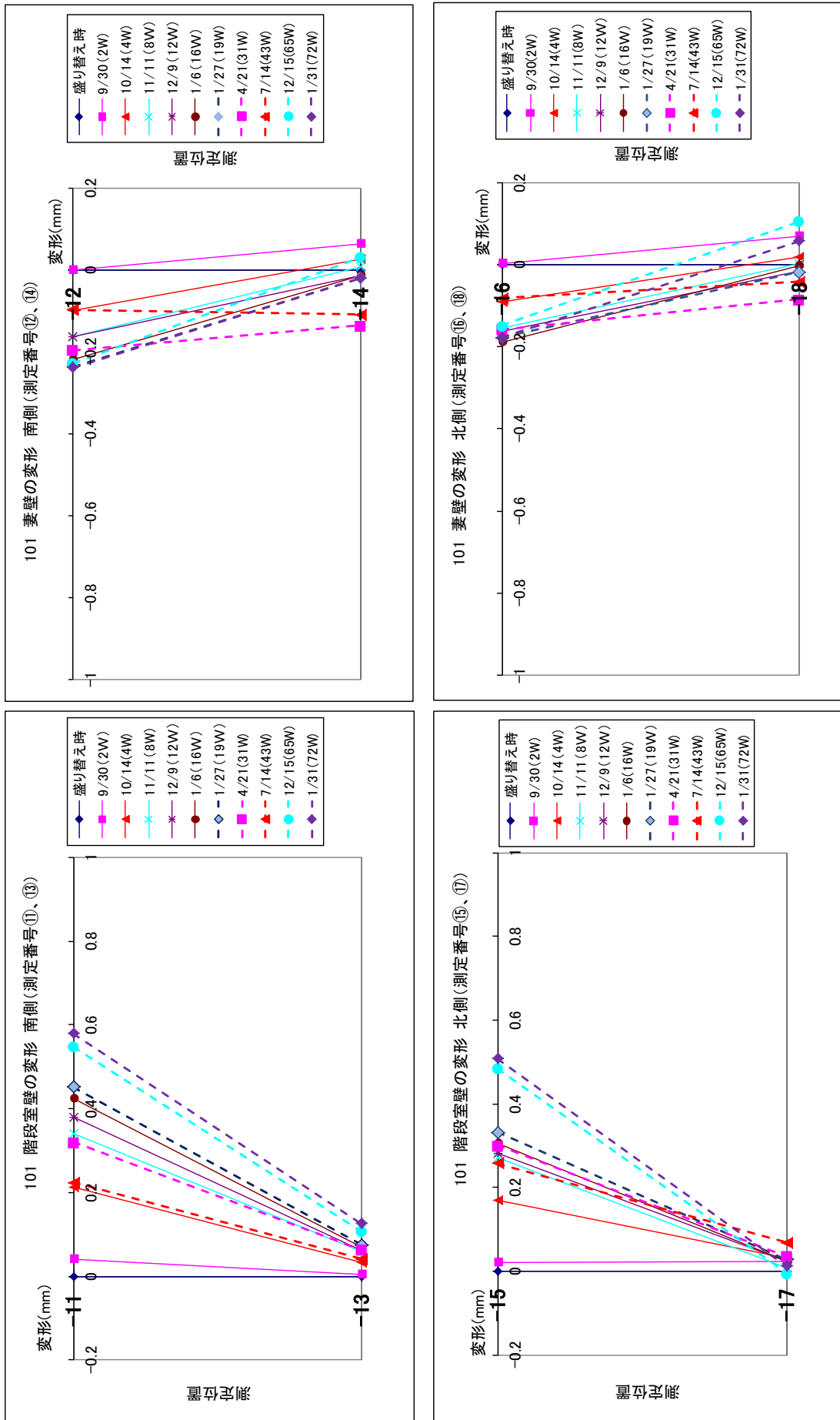


図 4.5.4.8 101号室の既存壁の測定位置毎の変形

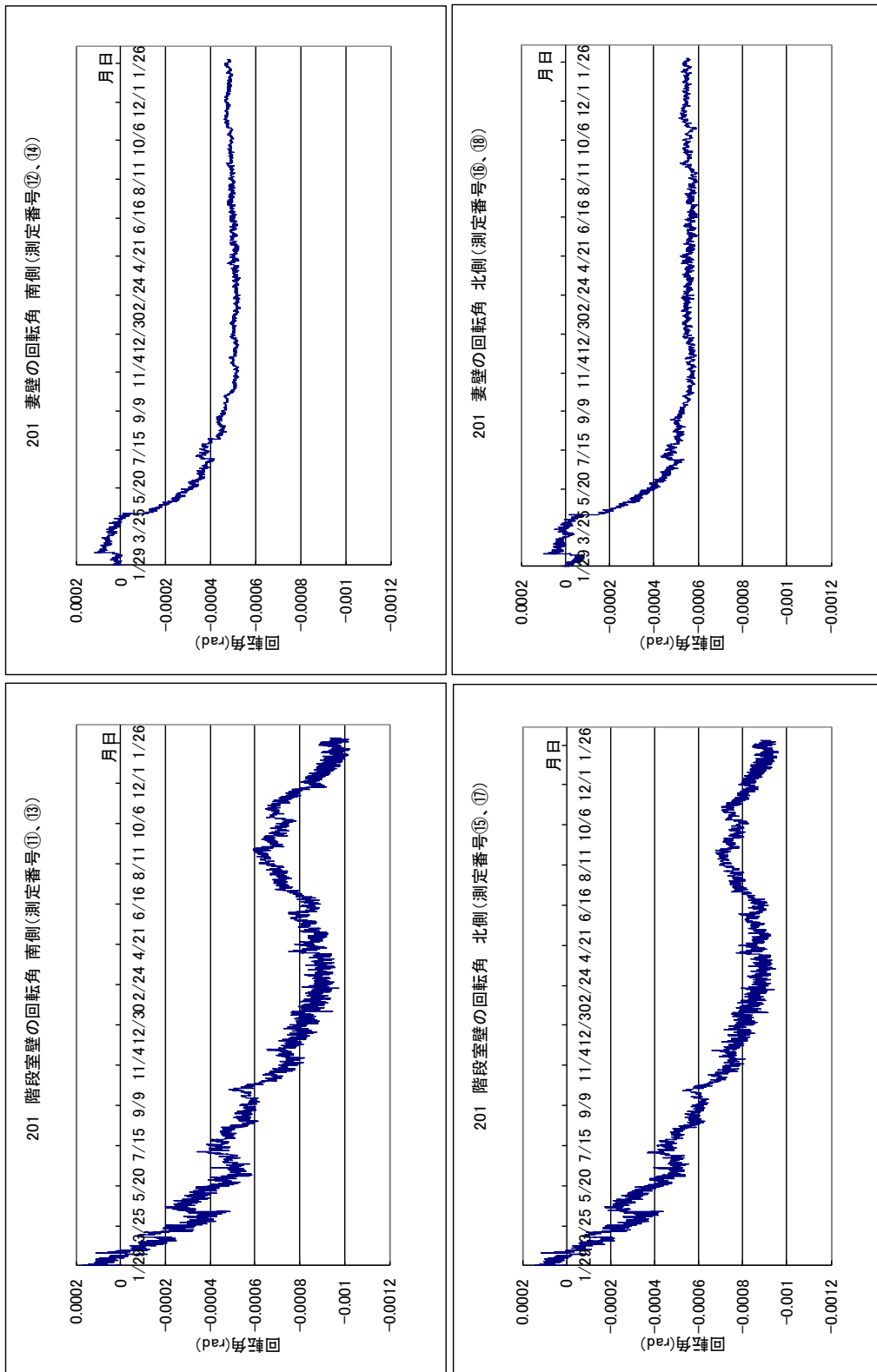


図 4.5.4.9 201号室の回転角

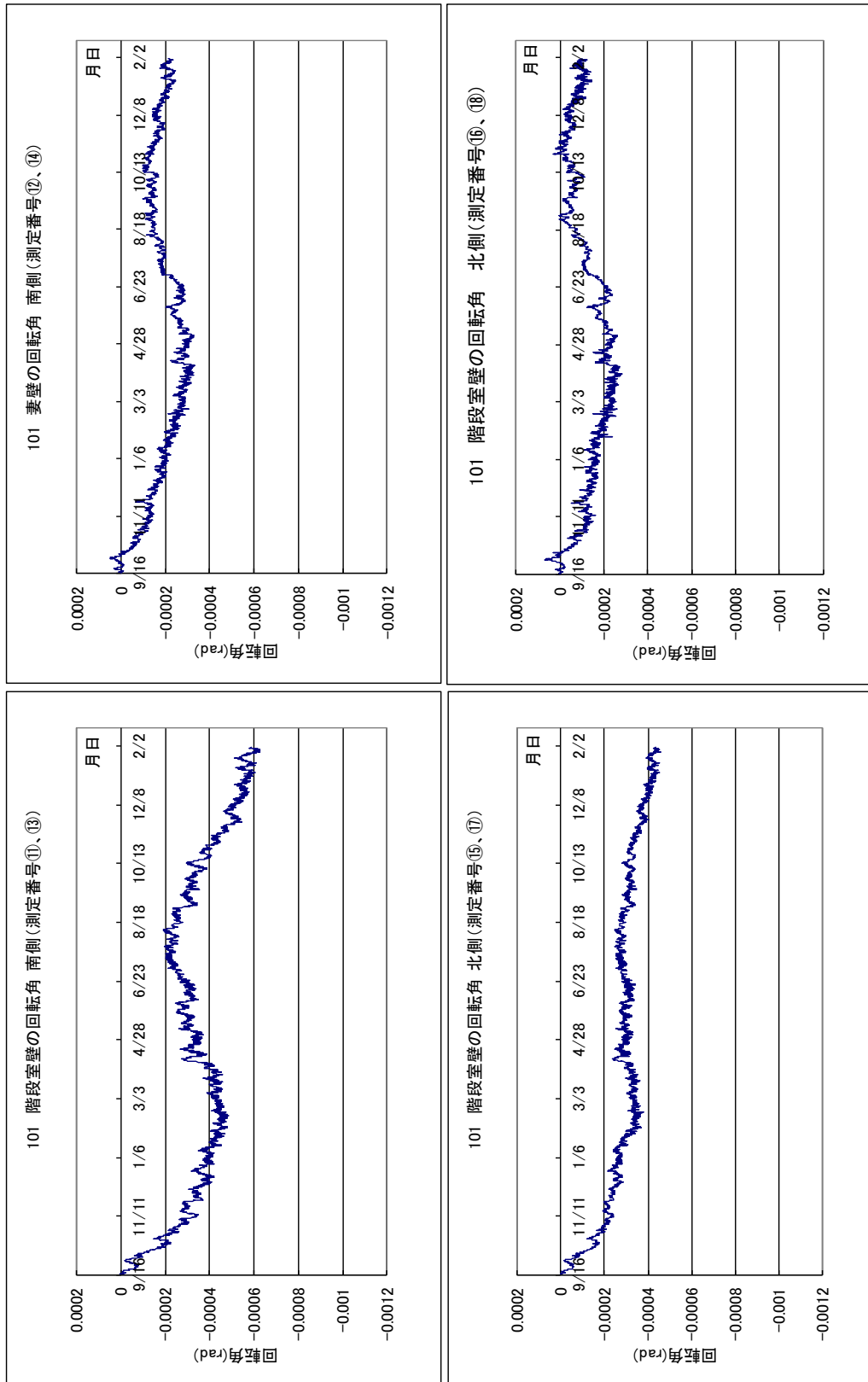


図 4.5.4.10 101号室の回転角

階段室壁のスラブ端部に対する変形および回転角を図4.5.4.11, 図4.5.4.12に示す。

スラブ端部の回転角は, 測定番号㉓(㉔)と㉕(㉖)の差を測定間距離(310 mm)で除して求めた。

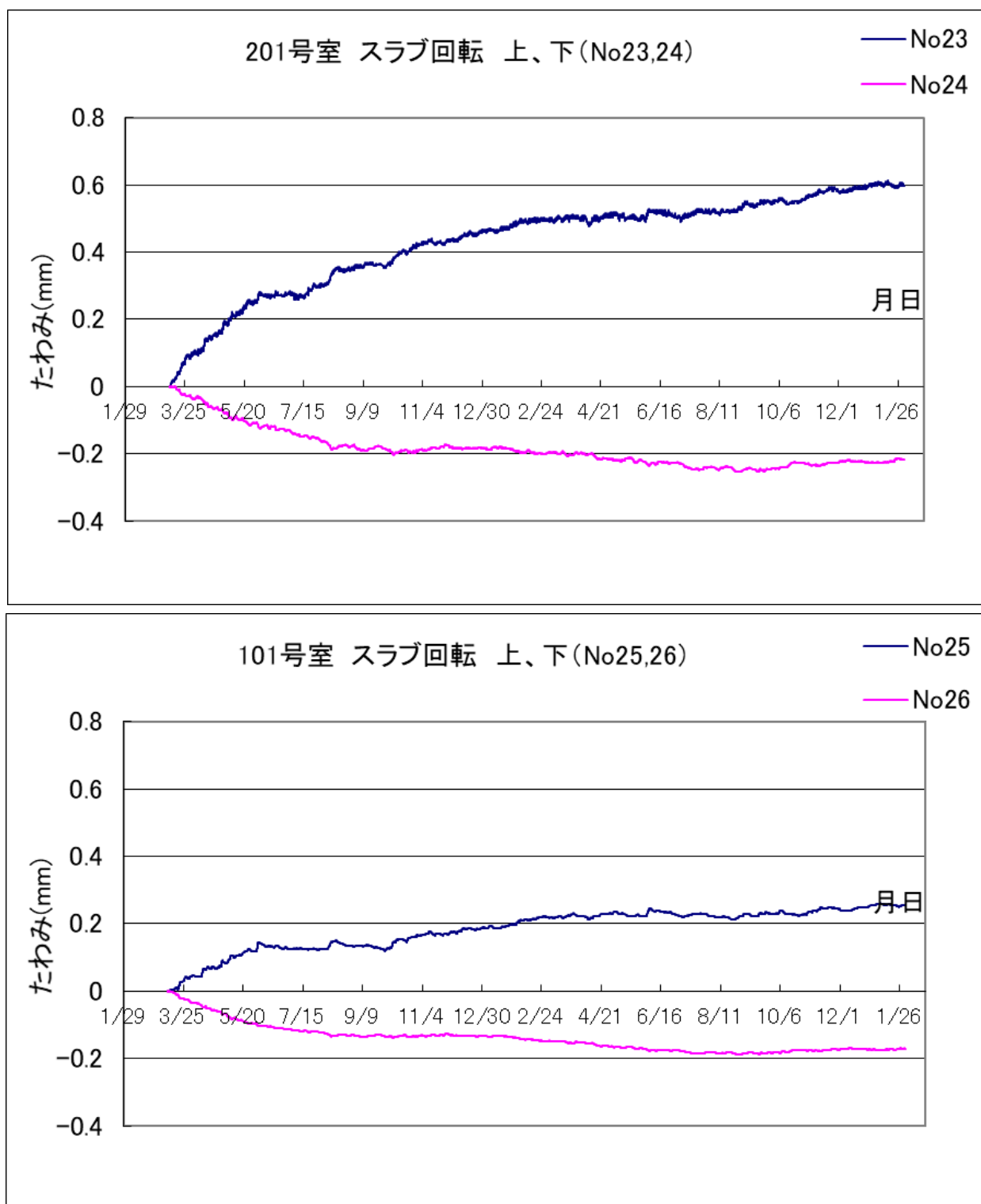


図4.5.4.11 階段室壁のスラブ端部に対する変形

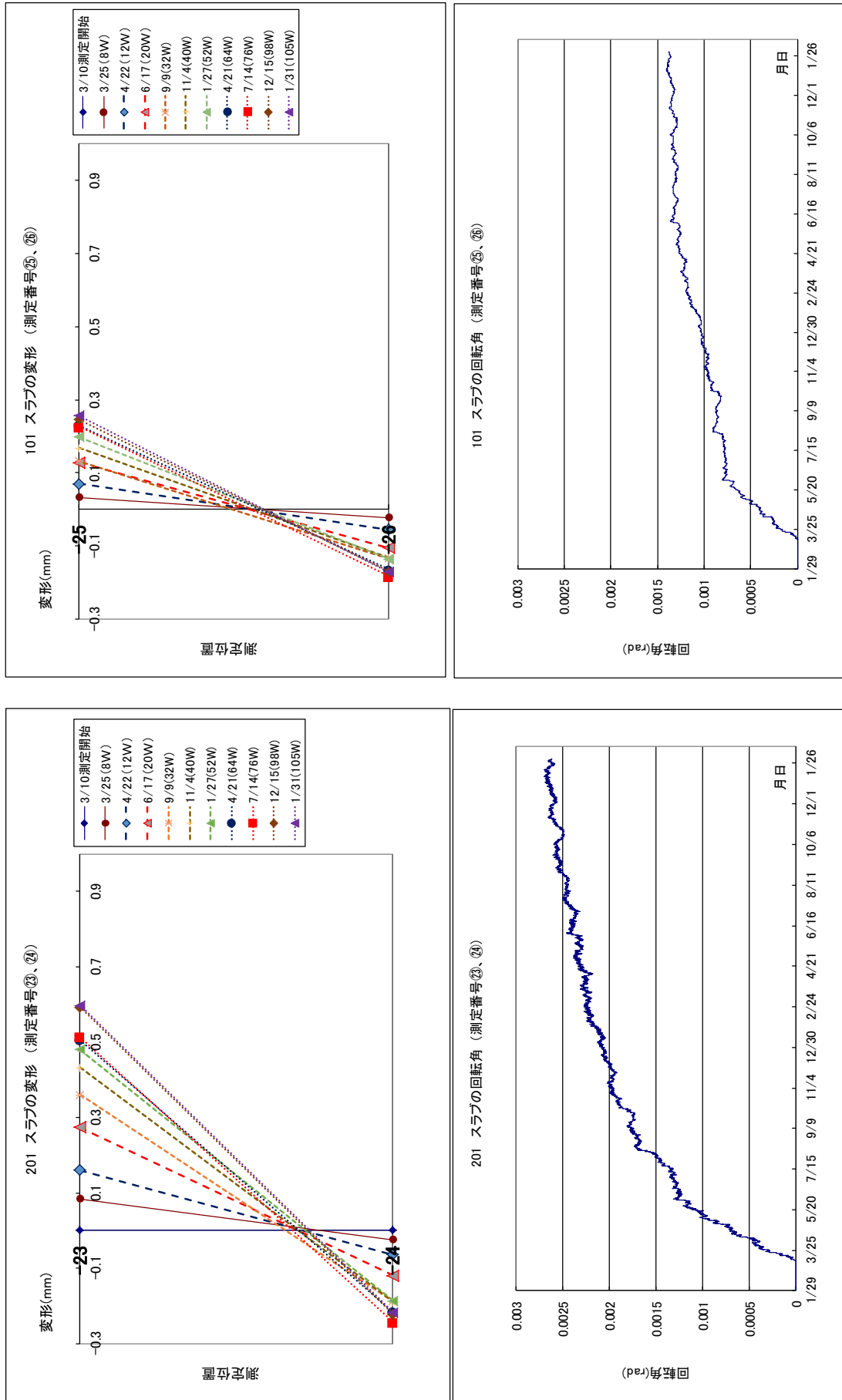


図 4.5.4.12 階段室壁のスラブ端部に対する測定位置毎の変形および回転角

階段室壁と妻壁間の伸縮(測定番号⑱, ⑳)を図4.5.4.13に示す。

階段室壁と妻壁間の温度変化量(Δt)による伸縮量(ΔL)の計算値は、(4.5.4.8)式により算定した。

$$\Delta L = L \times \alpha \times \Delta t \quad \dots\dots\dots (4.5.4.8) \text{式}$$

ここで、L : 階段室壁と妻壁間の距離 5,760 mm

A : 鉄筋およびコンクリートの線膨張係数 $1.0 \times 10^{-5} (1/^\circ\text{C})$

Δt : 階段室壁と妻壁間の伸縮の測定を開始した時の温度(201号室 : 5.6°C , 101号室 : 6.5°C)と、図4.5.3.8に示す温度との差。すなわち測定開始時の ΔL を零としている。よって開始時の温度より低くなった場合は、 ΔL が負(収縮)となる。

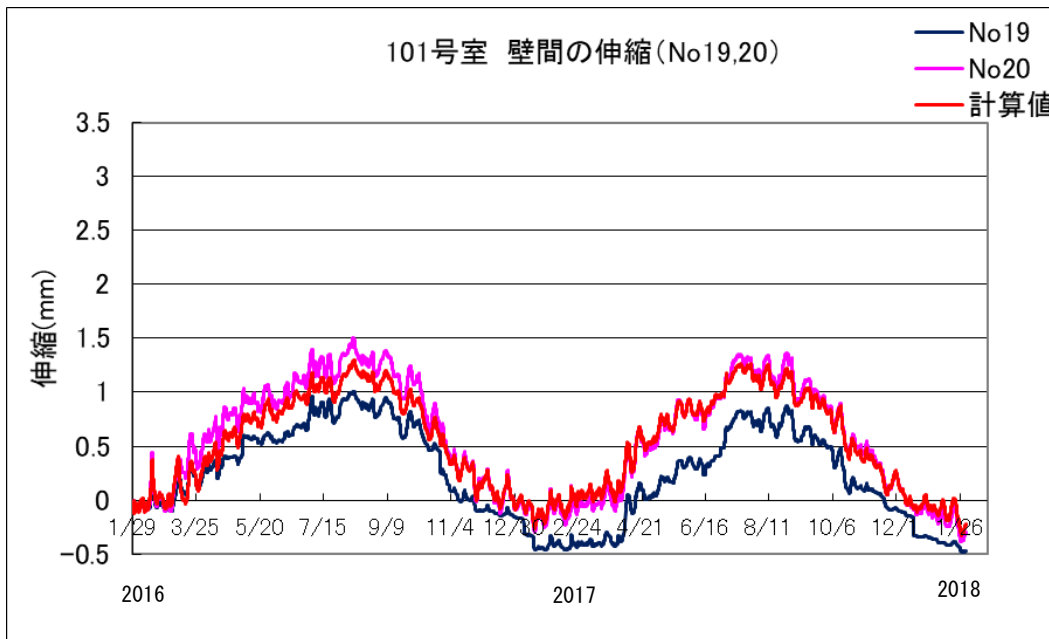
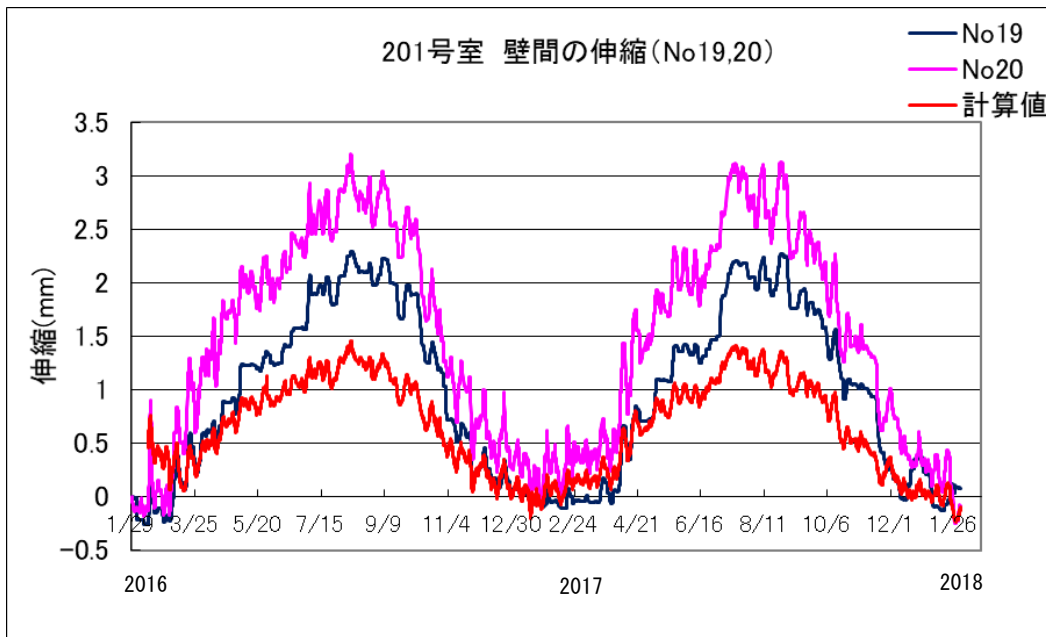


図4.5.4.13 階段室壁と妻壁間の伸縮

4-5-4-5 あと施工アンカーの抜け出しの検討試験

201号室あと施工アンカーの抜け出しは、荷重より301日で中央部および端部共に0.25mmとなっており、荷重当初より変形の増大が見られ現在も漸増している。但し、アンカー筋に生じているひずみ量は、荷重当初と殆ど変わらない。(図4.5.3.4～図4.5.3.5参照)

この状態を検討するために、実建物における長期引張試験(クリープ試験)を実施している。クリープ試験の諸元を以下に示す。

- ・荷重荷重(P) : アンカー筋のひずみ値より算定する。

$$P = a \times E \times \varepsilon_{max} = 1.74 \times 10^5 \times 350 \times 10^{-6} \times 127 = 7734 \text{ N} = 7.7 \text{ kN}$$

ここで、 ε_{max} : ひずみデータ測定値 350 μ

a : アンカー筋断面積(D13) 127 mm^2

E : アンカー筋ヤング係数(引張試験による) $1.74 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$

- ・接着剤種類 : 201号室のアンカー筋と同じ
- ・荷重時温度 : 室温
- ・試験体数 : 2体 ひずみゲージの有無
- ・試験場所 : 201号室でのアンカー筋施工は、現状の測定に影響があるので、隣室の202号室の階段室側壁で行う。

試験装置を図4.5.4.14、図4.5.4.15、写真4.5.4.1に示す。加力用チャック、ロードセル、油圧ジャッキ、加力用溝形鋼、鋼管は荷重後撤去する。

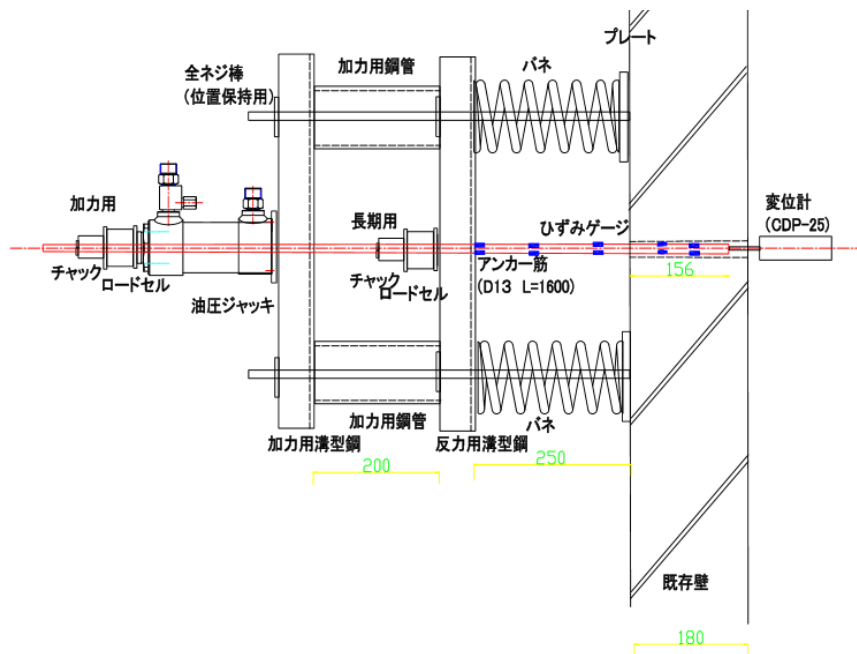


図4.5.4.14 長期クリープ試験装置(平面図, 下側)

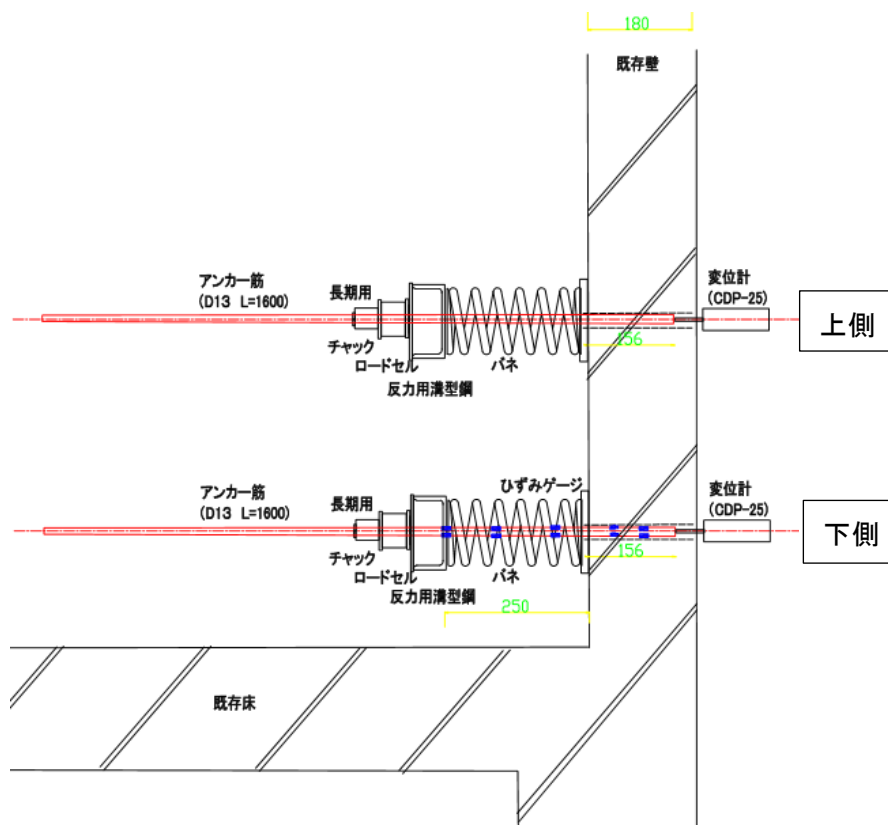


図 4.5.4.15 長期クリープ試験装置(立面図)



写真 4.5.4.1 長期クリープ試験装置(加力時)

加力後1年間の実験経過を図4.5.4.16～図4.5.4.19に示す。ひずみは、各ひずみ測定位置の上下(A1, A6)に貼りつけたゲージの平均とした。ひずみゲージの貼付位置・番号は、201号室のあと施工アンカー筋と同じとした。

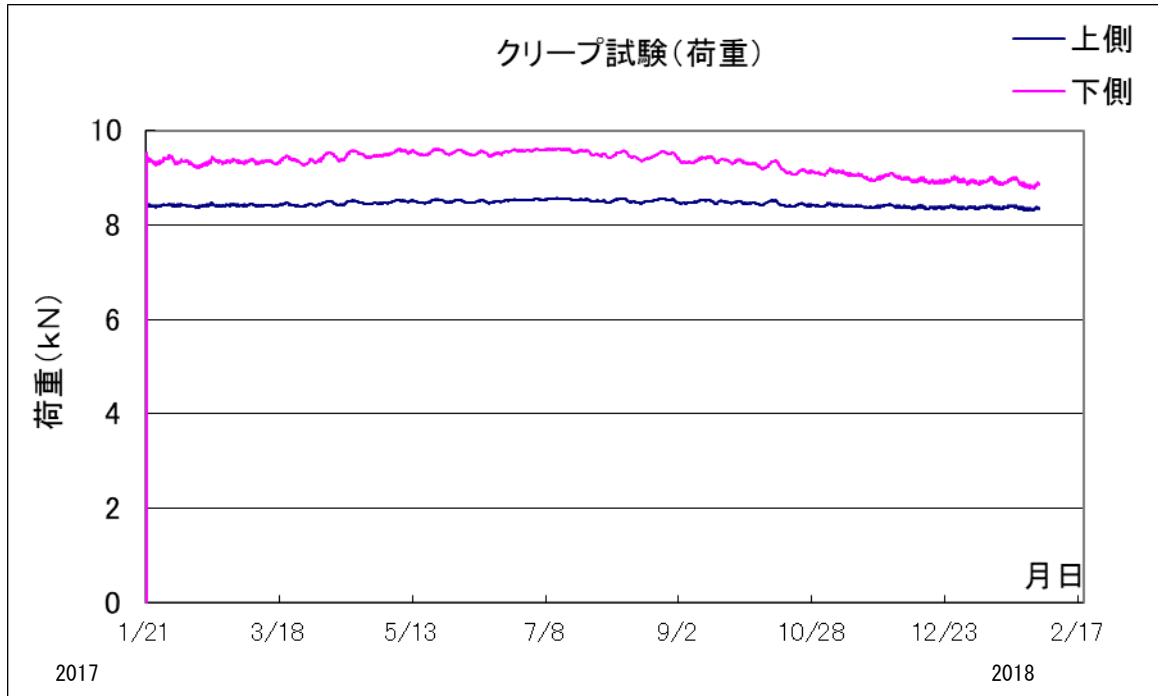


図 4.5.4.16 クリープ試験の荷重

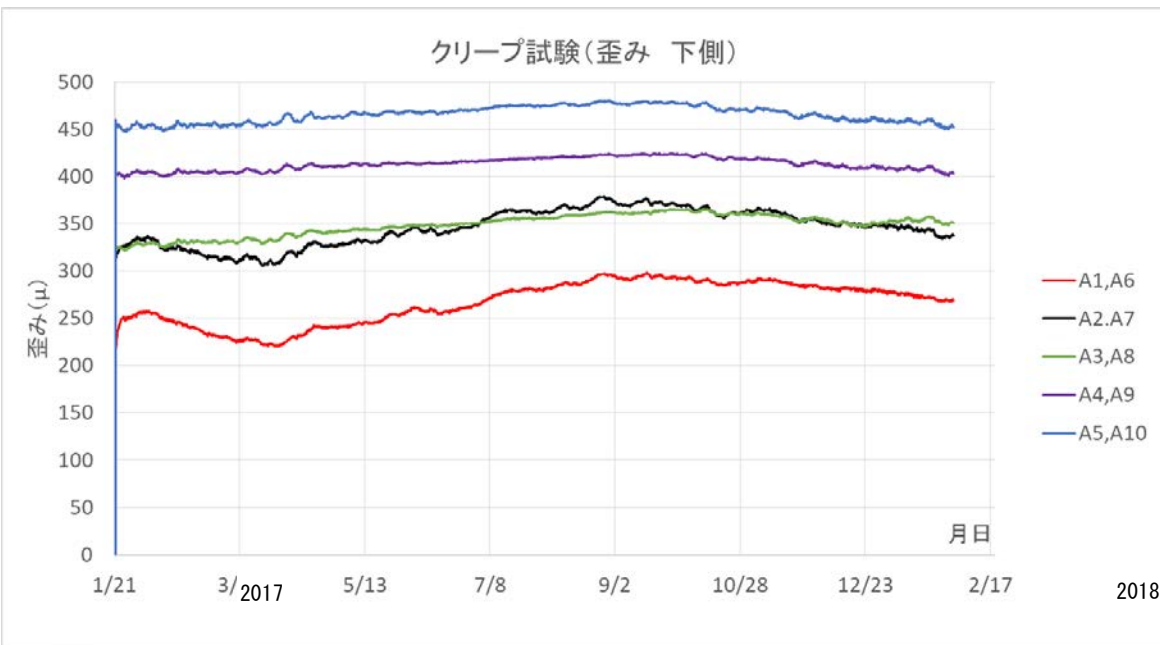


図 4.5.4.17 クリープ試験の歪み

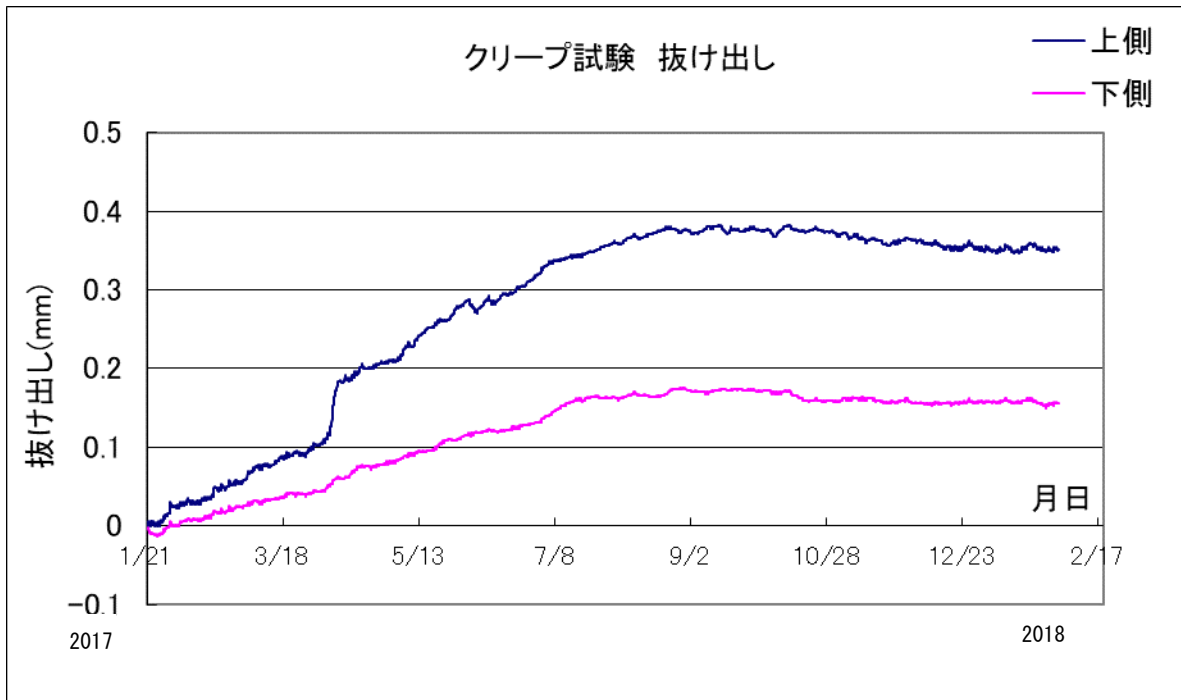


図 4.5.4.18 クリープ試験の変形

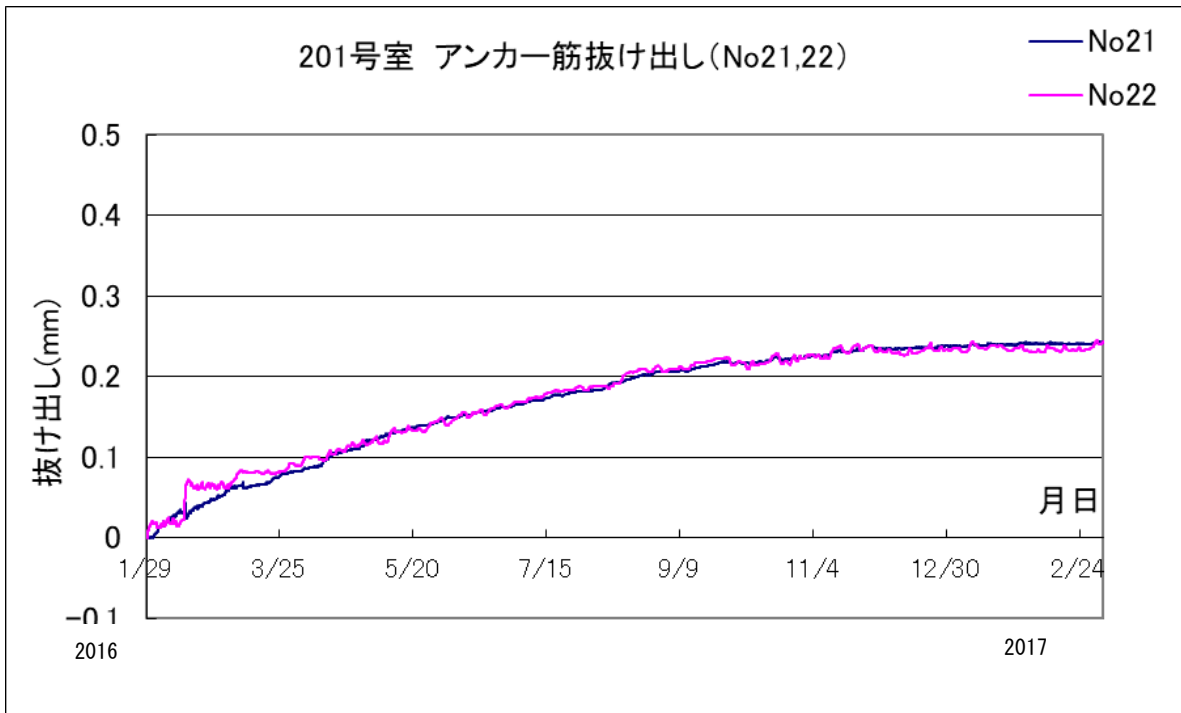


図 4.5.4.19 201号室 アンカー筋の抜け出し(載荷から1年)

4-5-4-6 設計時のアンカー筋の応力レベルとの比較

計算例より、実験スラブのあと施工アンカー設計時の応力は端部上端 (M_{x1}) の応力を用いている。

$$M_{x1} = 1/12 \times w \times \ell_x^2 = 20.18 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\varepsilon = \sigma / E_s = M_x / (a_t \times j) / E_s = 157 / 1.74 \times 10^5 = 90.4 \times 10^{-5} = 904 \mu$$

ここで、 a_t : 実験スラブのアンカー筋断面積 7-D13 ($a_t = 889 \text{ mm}^2$)

E_s : 鉄筋のヤング係数 $1.74 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ (材料試験結果より)

よって、長期たわみ実験にアンカー筋に生じた歪みの最大値 (350μ) との比率は、 $904 \mu / 350 \mu = 2.58$ となる。

4-5-4-7 ひび割れ幅の検討

「鉄筋コンクリート計算規準・同解説(2010)^{4.2)} 付 7. 長期荷重時におけるひび割れと変形 1.2 曲げひび割れ幅算定式」による計算を、以下に示す。

算定式は、「プレストレスト鉄筋コンクリート(Ⅲ種 PC)構造設計・施工指針・同解説(2003)^{4.6)} 付 1.2 PRC 部材の曲げひび割れ算定法」に示す計算式と同様であるので、これを参考とした。

検討モーメント $M = 20.18 \text{ kN}\cdot\text{m}$ (試験体端部上端)

スラブ厚 $t = 200 \text{ mm}$, コンクリート強度 $F_c = 39.8 \text{ N/mm}^2$ (表 4.5.2.3 参照)

・平均ひび割れ間隔 L_{av} の算出

$$L_{av} = 2 \times (c + s/10) + k \times \phi / P_e = 146 \text{ mm}$$

ここで、 c : コンクリートのかぶり厚さ 30 mm

k : $0.00025 \times t = 0.05$

s : 鉄筋中心間隔 150 mm

ϕ : 鉄筋の直径 13 mm (断面積 $a_t = 127 \text{ mm}^2$)

p_e : $a_t / A_{ce} = 0.0116$

・平均鉄筋ひずみ $\varepsilon_{t,av}$ の算出 ($D < 0$ の場合)

$$\varepsilon_{t,av} = \max \{ (\sigma_t - 105) \times E_s , 0.4 \times \sigma_t / E_s \} = 0.000383 = 383 \mu$$

$$D = (2000 \times \sigma_t - 0.8 \times E_s) / (2 - 8000 \times E_s \times (f_t / P_e - 0.8 \sigma_t)) = -1.00 \times 10^{11}$$

ここで、 σ_t : ひび割れ断面における鉄筋応力 167 N/mm^2

E_s : 鉄筋のヤング係数 174000 N/mm^2 (表 4.5.2.4 参照)

f_t : コンクリートの引張強度 $0.07 \times F_c = 2.79 \text{ N/mm}^2$

・コンクリート表面での最大ひび割れ幅の算出

$$({}^\beta)W_{max} = 1.5 \times L_{av} \times (\beta \times \varepsilon_{t,av} + \varepsilon_{sh}) = 0.22 \text{ mm}$$

ここで、 β : 中立軸と鉄筋中心との距離に対する中立軸と引張表面との距離の比

$$\beta = 1.575$$

ε_{sh} : コンクリートの乾燥収縮ひずみ 0.000398

(1m 角乾燥収縮試験体主方向最大値 2018/1/29)

ひび割れ幅および既存壁と試験床との打継面に生じた目開きの幅の測定を実施した 2018 年 1 月 31 日(経過日数: 733 日)での 201, 101 号室のスラブ端部上端の既存壁際に生じた目開き幅の最大値は、各々 1.1 mm , 0.6 mm であった。

4-6 まとめ

4章では、接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造性能確認試験について報告した。

4.1節では、接着系あと施工アンカーを建築物の構造部材に使用する場合の使用方法の分類と安全率の設定に対する考え方を示した。

4.2節では、設計の基本的な考え方として、接着系あと施工アンカーにより母材に埋込まれたアンカー筋の設計は、アンカー筋を使用する構造部材の各荷重および外力下での応力や変形を算定し、先付け鉄筋を用いた場合の当該構造部材に必要とされる構造性能と同等の構造性能を付与することや、接着系あと施工アンカーを構造部材の主筋の定着やアンカーボルトに使用する場合、アンカー筋の耐力に比して付着耐力やコーン状破壊耐力が十分に上回っていることが基本であることを述べた。また、試験体の設計フローを示した。

4.3節では、あと施工アンカーを用いた耐力壁の構造性能確認実験の例として、既存耐力壁に新たに開口を設け、縦に配筋する補強筋を床梁に定着するための用途を想定したあと施工アンカーの構造性能検証として静的構造実験を行い、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した。

4.4節では、あと施工アンカーを用いた構造部材の長期性能を確認する一例として、主筋の定着に接着系あと施工アンカーを用いた両端固定一方向スラブならびに片持ちスラブについて、通常の先付け工法の定着方法によるスラブとの比較により長期たわみ増大率、ひび割れ性状、鉄筋ひずみ、乾燥収縮率、振動数、定着部の破壊性状および強度に関する検証結果を述べた。

4.5節では、実建物における新設スラブの主筋定着に接着系あと施工アンカーを用いたときの当該スラブの長期性状を把握することを目的として、実建物の壁に支持した1m幅のスラブ試験体に対して長期載荷実験を行った結果について報告した。

参考文献

- 4.1) 国土交通省：あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針，pp.1-3～1-5，平成18年5月
- 4.2) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説，2010.2
- 4.3) 日本建築学会：各種合成構造設計指針・同解説，2010.11
- 4.4) 日本建築防災協会：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，2001.10
- 4.5) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説，1991.4
- 4.6) 日本建築学会：プレストレスト鉄筋コンクリート(Ⅲ種 PC)構造設計・施工指針・同解説，2003.2

