

第3 堅坑捲座の構造調査（端島炭坑跡建物等調査）

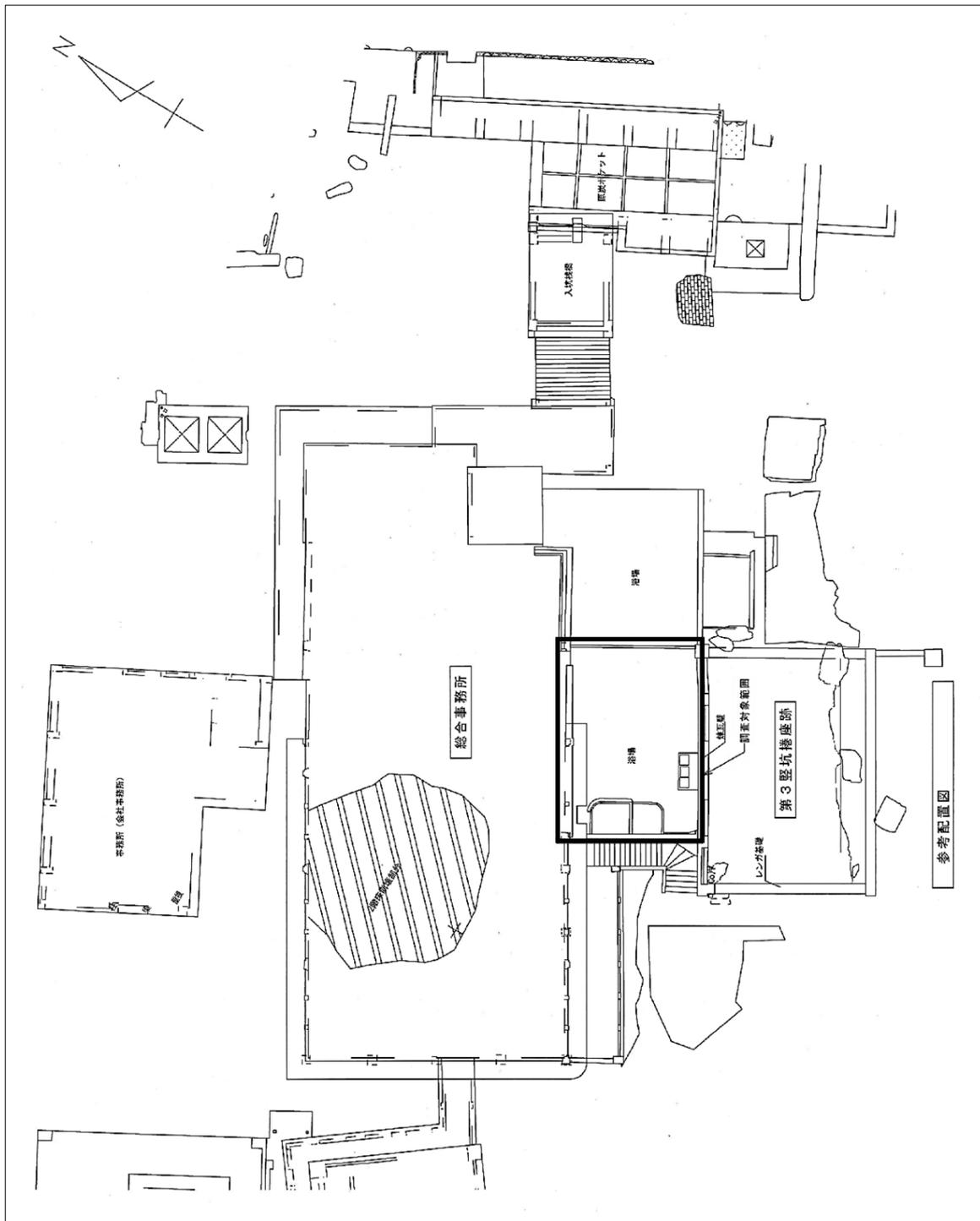


図 2-4-33 建物内位置図

## 1) 調査内容

### ①測量

下記の測量を実施した。

1. 配置図の作成及び地盤沈下量測定に必要な測量
2. 建物の現況図作成に必要な3次元レーザー計測  
レーザー計測のスキャンピッチについては10mにて7mm以下での計測とした。
3. 3次元レーザー計測に支障のある瓦礫（人力で移動できないものは除く）、木材、鋼製棚、仮設足場材等は隣接する事務所へ移動した。ただし、瓦礫等の移動については、現在の状態を可能な限り維持するよう必要最小限で行った。

### ②破損調査

外壁、床、内壁、柱、梁、天井、屋根の損傷状況（ひび割れ、浮き、かぶりコンクリート剥落、鉄筋露出、鉄筋消失、化粧モルタル部の浮き等）を目視及び打診により調査を行った。また、煉瓦壁と総合事務所の接合状況、煉瓦壁第4アーチ内のひび割れのある壁部の状況、煉瓦壁天端の雨水浸入状況を調査した。

### ③現況図作成

測量結果を受け線画による各種現況図の作成を行った。作成図面は表 2-4-30 に示した。また、南面立面図については、平成 27 年度に実測調査により作成した図面と照合し現状と比較した。

### ④損傷図作成

1. 破損調査結果により、損傷状況を現況図上に整理し、損傷図を作成した。作成図面は表 2-4-30 に示した。
2. 損傷状況を下記の要領で記録写真として残した。
  - a) 撮影にあたってホワイトボードに業務名称、撮影年月日、撮影箇所を記入し、被写体とともに撮影する。ただし、拡大写真については、撮影位置が確認できるように記録写真位置図を作成することで、ホワイトボードを被写体に添えることを省略した。
  - b) 撮影は被写体に平行又は直角に撮影する。
  - c) 画素数：200 万画素程度（1204×1606）      解像度：300dpi

表 2-4-30 図面一覧表（現状図・損傷図）

No	図面名	縮尺	種別	現況図	損傷図	備考
01	配置図	1/300	配置図	○		A-01
02	地盤沈下量測定図（配置図表記）	1/300	配置図	○		
03	1 階平面図	1/50	平面図	○	○	A-02
04	地盤沈下量測定図（平面図表記）	1/50	平面図	○		
05	2 階平面図	1/50	平面図	○	○	A-03
06	北側立面図	1/50	立面図	○	○	A-04
07	西側立面図	1/50	立面図	○	○	A-05
08	南側立面図	1/50	立面図	○		A-06
09	断面図(1)	1/50	断面図	○		A-07
10	断面図(2)	1/50	断面図	○		A-08
11	1 階展開図(1)	1/50	展開図	○	○	A-09
12	1 階展開図(2)	1/50	展開図	○	○	A-10
13	1 階展開図(3)	1/50	展開図	○	○	A-11
14	2 階展開図(1)	1/50	展開図	○	○	A-12
15	2 階展開図(2)	1/50	展開図	○	○	A-13
16	1 階天井見上げ図	1/50	平面図	○	○	A-14
17	梁展開面キープラン	1/50	平面図	○		A-14a
18	1 階天井梁展開図(1)	1/50	展開図	○	○	A-15
19	1 階天井梁展開図(2)	1/50	展開図	○	○	A-16
20	1 階天井梁展開図(3)	1/50	展開図	○	○	A-17
21	2 階底伏図	1/50	伏図	○	○	A-18
22	南側立面比較図	1/50	立面図	○		A-19

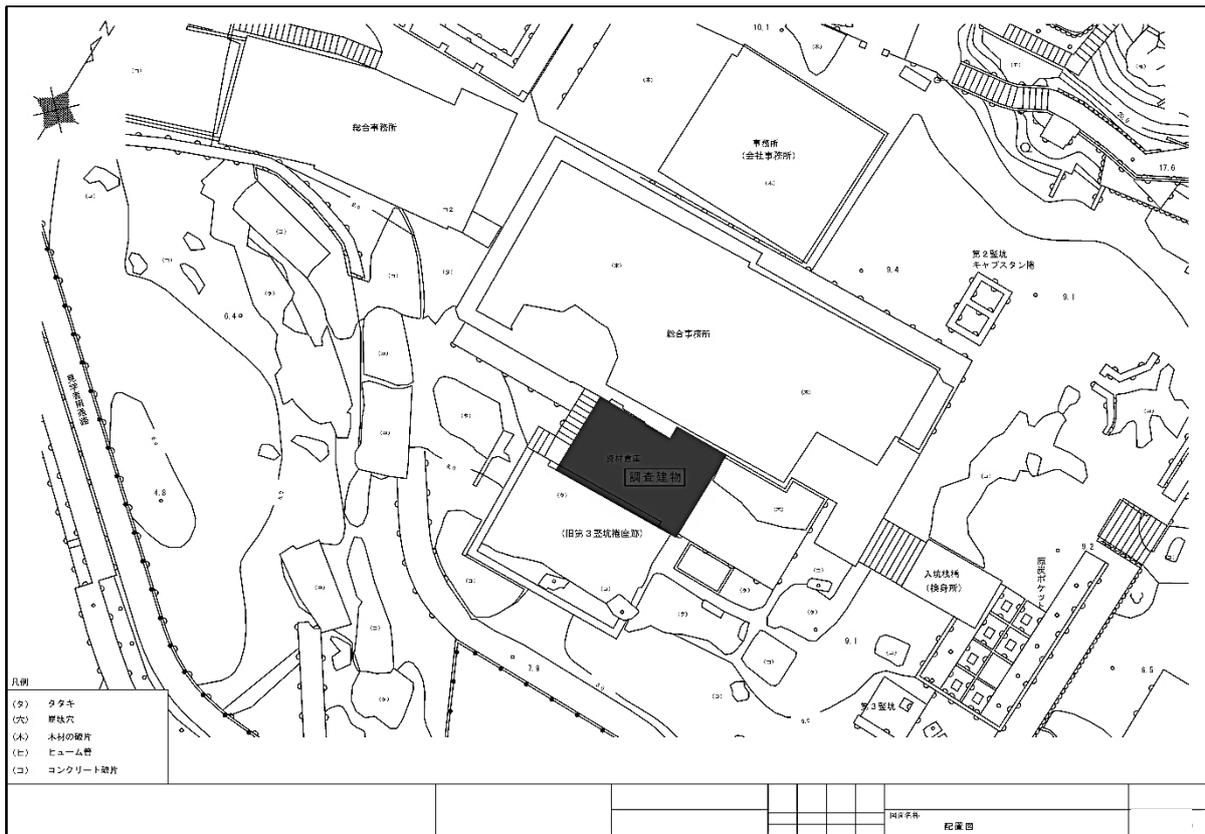


図 2-4-34 配置図

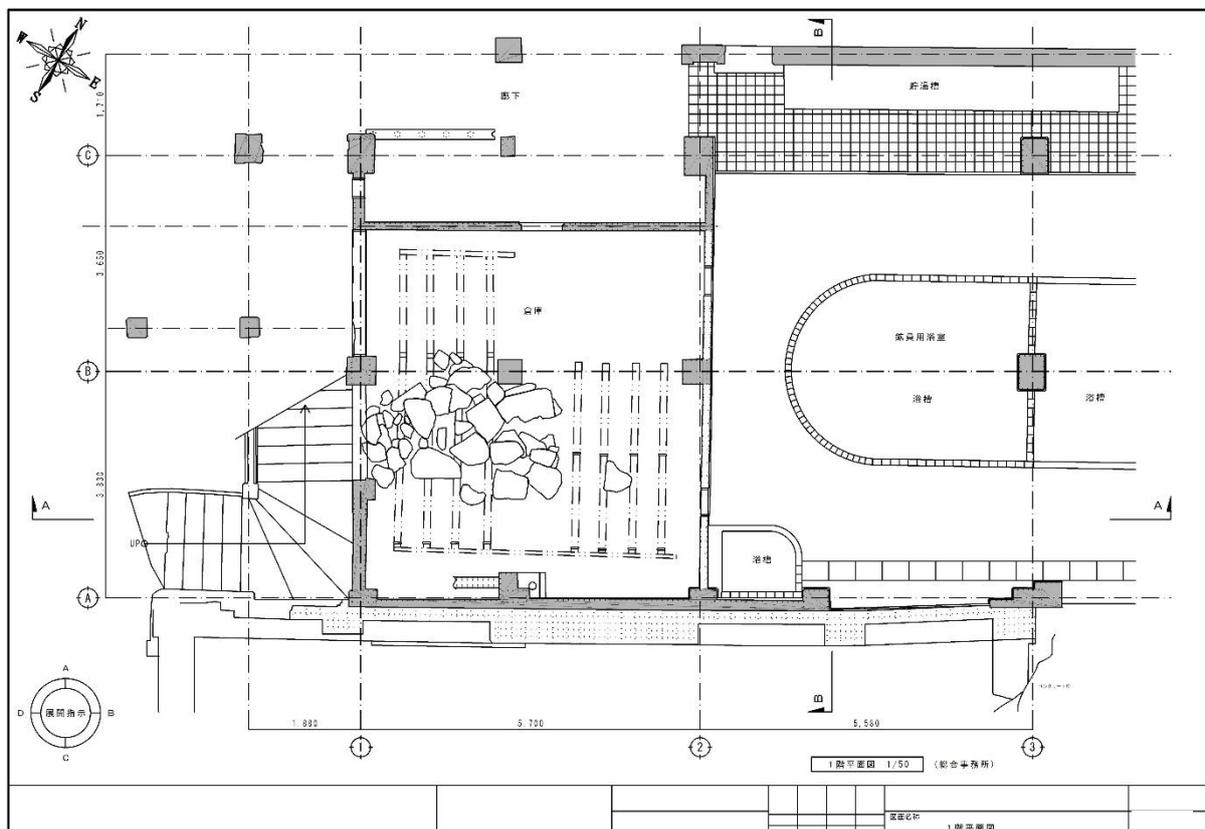


図 2-4-35 1階平面図

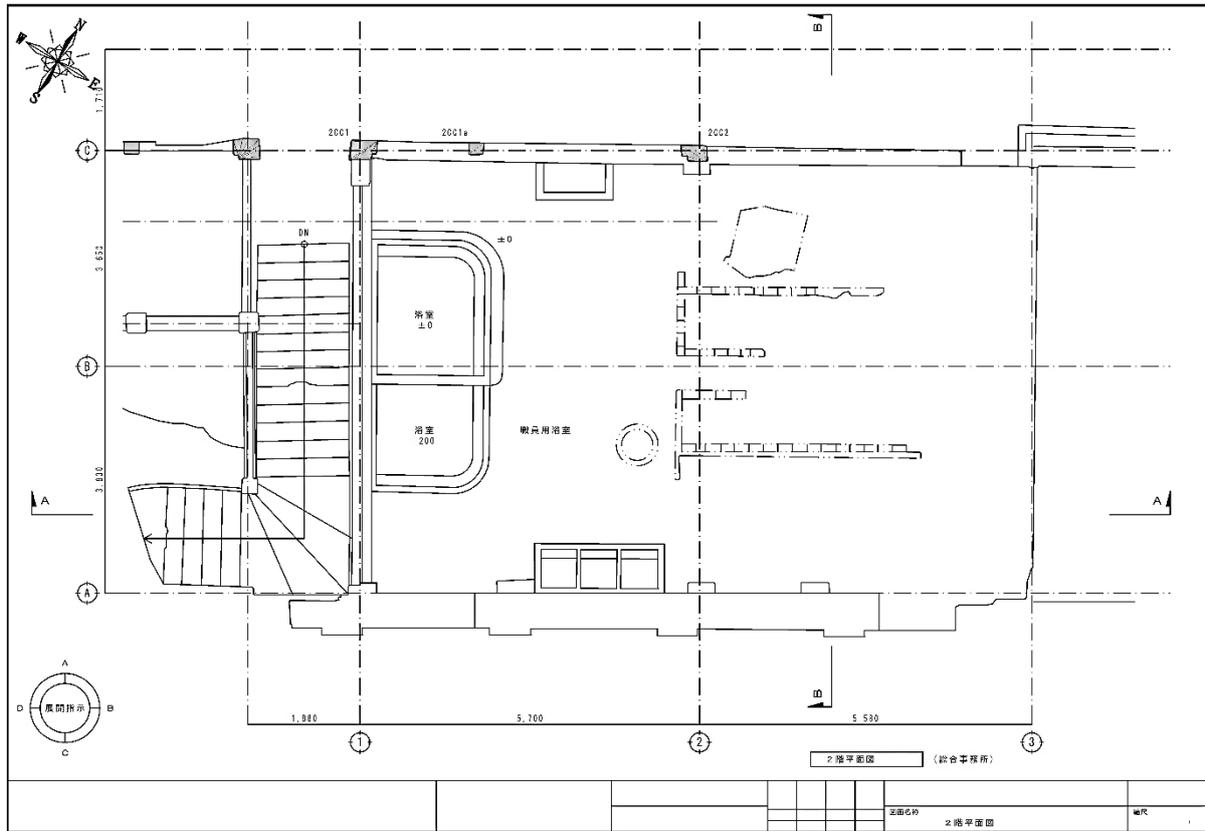


図 2-4-36 2階平面図

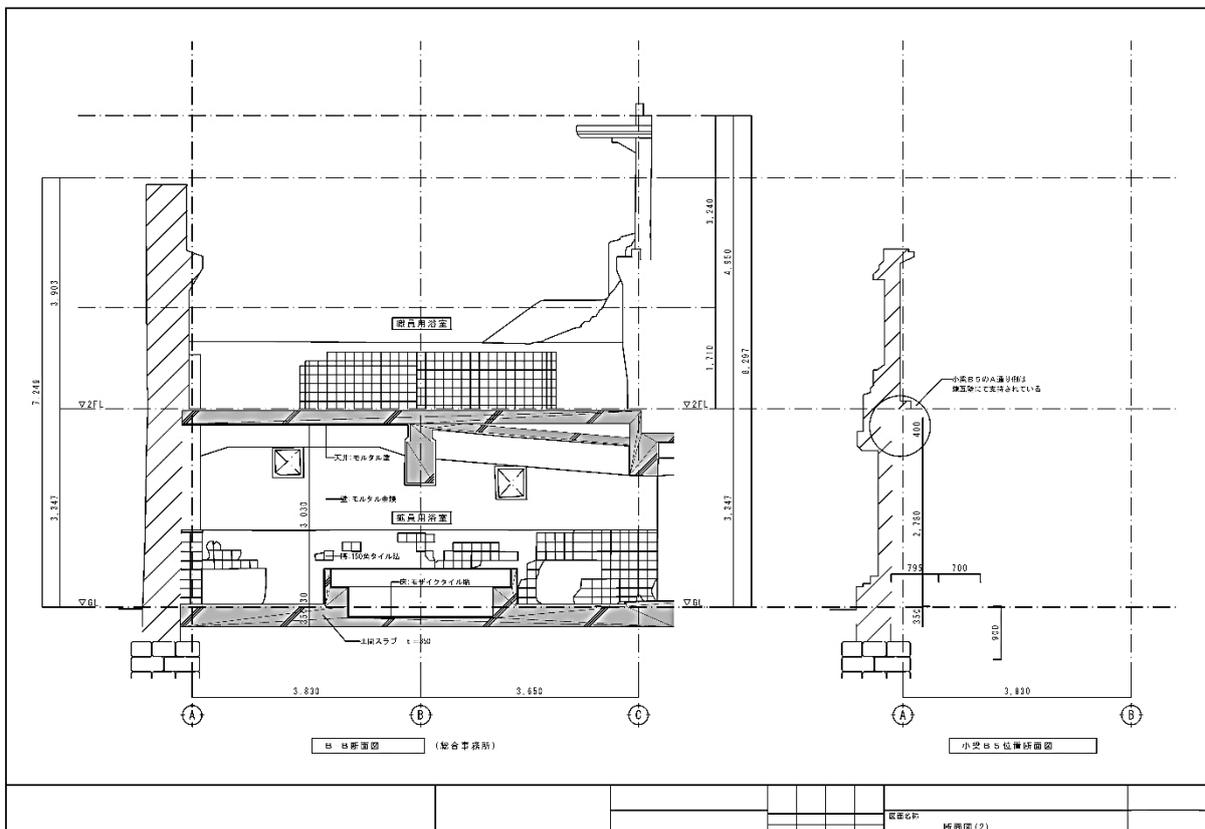


図 2-4-37 断面図

⑤調査・試験

鉄筋コンクリートの現状を把握するためのデータ収集として、下記調査及び試験を実施した。

⑤-1 サンプル採取及びその復旧

- ・コア(φ100)：4箇所
- ・はつり(W200、H200、D40)：3箇所
- \*採取後は無収縮モルタルで復旧

⑤-2 鉄筋コンクリートの劣化状況等の調査

- ・鉄筋の目視調査：3箇所（かぶり厚さ、鉄筋径、腐食度の調査）
- ・配筋調査：26箇所（電磁誘導法による配筋位置・鉄筋径の調査）
- ・圧縮強度試験：4本
- ・中性化深度試験：7本
- ・塩化物イオン含有量試験：12スライス
- ・反発度試験（リバウンドハンマー）：26箇所
- ・静弾性係数試験：4箇所
- ・鉄筋腐食度調査：2箇所（自然電位測定、分極抵抗測定）
- ・コア採取（基礎・地中梁の有無の確認）：2箇所
- \*採取後は無収縮モルタルで復旧

⑤-3 遺構の固有周期等を観測するための常時微動測定

『敷地調査共通仕様書（平成23年12月制定）』（4.6.5 常時微動測定）による。

- ・測定位置：上段、中段、下段の3箇所
- ・測定方向：水平動（X、Y方向）、上下動（Z方向）の3成分
- ・測定内容：常時微動（遺構・地盤）3回、土嚢衝撃振動（遺構）1回
- ・測定項目：加速度
- ・解析内容：地盤卓越振動数、遺構卓越振動数

⑤-4 風向、風速、温湿度の計測

- ・測定位置：2階床より3m上部
- ・測定内容：東西方向風速、南北方向風速、上下方向風速、10分間の平均風速
- ・測定期間・常時微動測定期間と同じ期間

⑤-5 基礎調査（試掘）

- ・試掘位置：2箇所
  - ①面積 1 m<sup>2</sup>・深度 0.9m
  - ②面積 1.6 m<sup>2</sup>・深度 0.78m
- ・調査内容：基礎の状況確認（形状、材料等）
  - ：基礎の劣化、沈下、傾斜等の確認
  - ：②の箇所における地中配管の有無及び破損状況

⑥構造図作成

測量結果、鉄筋の目視調査結果及び配筋調査結果を受け各種構造図の作成を行った。作成図面は表 2-4-31 に示した。なお、2階梁状図、柱リスト、大梁リスト、小梁リストは部材断面寸法を実測確認の上作成した。

表 2-4-31 図面一覧表（構造図）

No	図面名	縮尺	種別	備考
01	地中梁伏図	1/50	伏図	S-01
02	2階梁伏図	1/50	伏図	S-02
03	軸組図(1)	1/100	軸組図	S-03
04	軸組図(2)	1/100	軸組図	S-04
05	柱・大梁・小梁・スラブ リスト	1/50	リスト	S-05

2) 調査建物概要

名称：総合事務所

場所：長崎市高島町端島

建設年代：明治 29 年（1896）～昭和 35 年（1960）

構造：鉄筋コンクリート造

規模：2 階

現況：第 3 豎坑捲座跡の煉瓦壁と一体の建物として残存している。内部の柱、梁、床版下面には剥離、鉄筋露出が見られ、今後劣化が進行する可能性がある。2 階屋根、外壁は崩落している。



対象建物外観(東側)



対象建物外観(西側)



対象建物内観(浴室)



対象建物内観(倉庫)

写真 2-4-63 総合事務所外観

### 3) サンプル採取及びその復旧

#### ①調査目的

鉄筋コンクリートの現状を把握するためのデータ収集において、圧縮強度試験、静弾性係数試験、中性化深度試験、塩化物イオン含有量試験に必要なコンクリートコアの採取及び中性化深度試験、鉄筋腐食度調査、鉄筋腐食調査、鉄筋の状態・寸法等の目視確認に必要なはつりを行うことを目的とした。

#### ②調査方法

コア採取及びはつり作業を行う前に、電磁波レーダーによる鉄筋探査を実施し、鉄筋探査により得られた配筋状況をテープにてマーキングを行い、配筋状況を把握したうえでコア採取及びはつり作業を行った（図 2-4-38）。

コアの径は配筋状況を見て決定しており、φ77mm で採取を行った。コアの長さは床においては削孔開始位置より奥の仕上げまで（貫通）とし、梁・柱・地中梁は直径の約 2 倍となる長さにて採取を行った。なお、採取コアはラップで巻いて中性化予防の対策を行った上で保管した（写真 2-4-64）。

はつりは鉄筋が直行している位置で、範囲は 200mm×200mm で行い、深さにおいては鉄筋かぶりが把握できる深さまではつりを行った。



鉄筋探査



コア削孔作業



はつり作業



採取コア養生

写真 2-4-64 作業状況

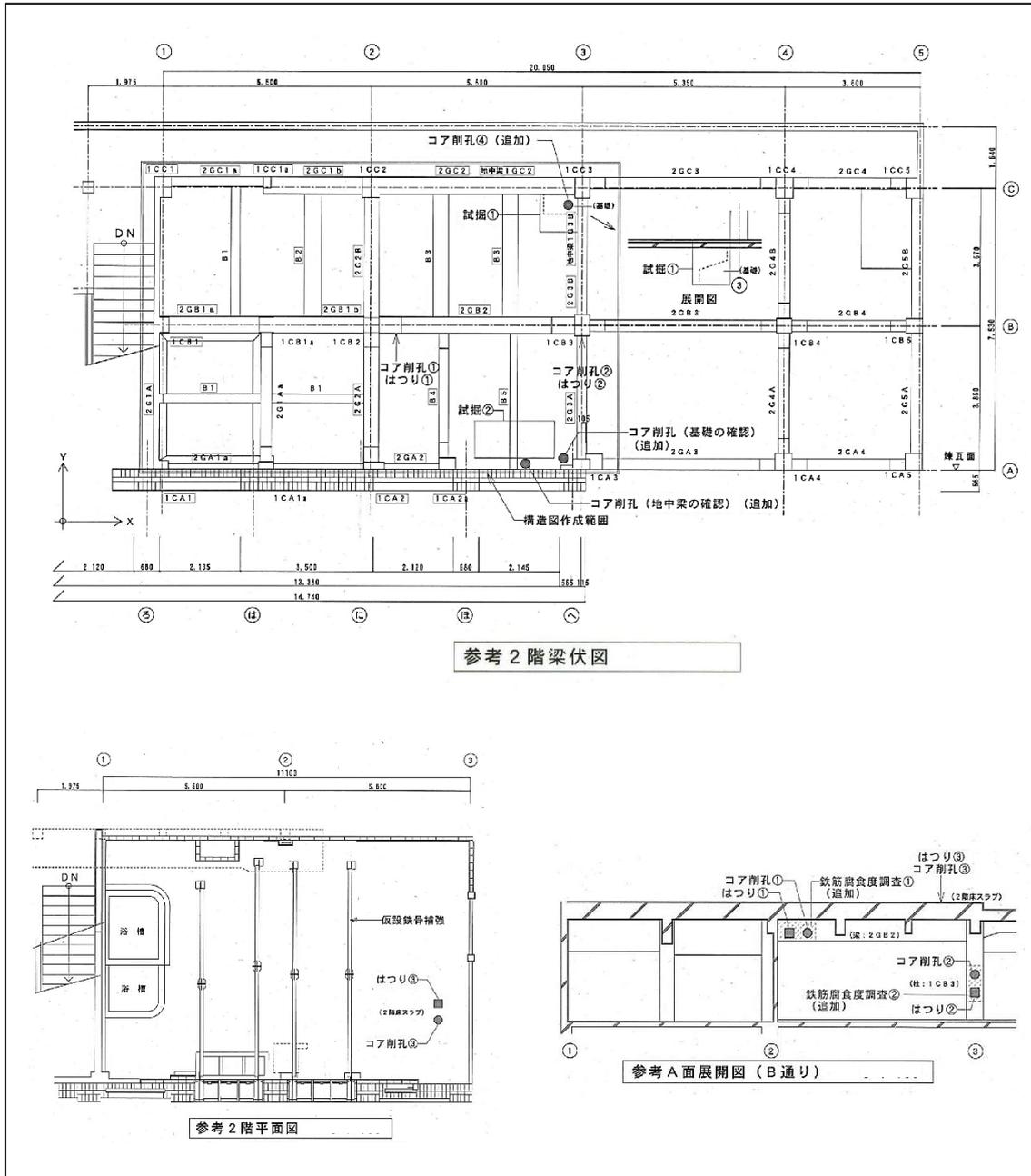


図 2-4-38 コア・はつり位置図

4) 鉄筋コンクリートの劣化状況等の調査

①調査目的

鉄筋コンクリートの現状を把握するため、採取したコア及びはつり箇所等において各種試験・調査を実施し、今後の保存修理及び構造補強検討に必要な基礎資料作成を行うことを目的とした。各種試験・調査項目及び数量を表 2-4-32 に、調査位置を図 2-4-39・40 に示す。

表 2-4-32 試験・調査項目数量表

項 目	数 量	摘 要
鉄筋の目視調査	3 箇所	はつり箇所①～③
配筋調査 (電磁誘導法)	34 箇所	 で示す箇所
圧縮強度試験	4 箇所	コア①～④
中性化深度試験	7 箇所	コア①～④及びはつり箇所①～③
塩化物イオン含有量 試験	12 スライス	コア①～④ (各コア 3 スライス)
反発度試験 (リバウンドハンマー)	34 箇所	 で示す箇所
静弾性係数試験	4 箇所	コア①～④
鉄筋腐食調査 (自然電位測定)	2 箇所	はつり箇所①及び②
鉄筋腐食調査 (分極抵抗測定)	2 箇所	はつり箇所①及び②
コア採取 (基礎・地中梁の確認)	2 箇所	● で示すコア

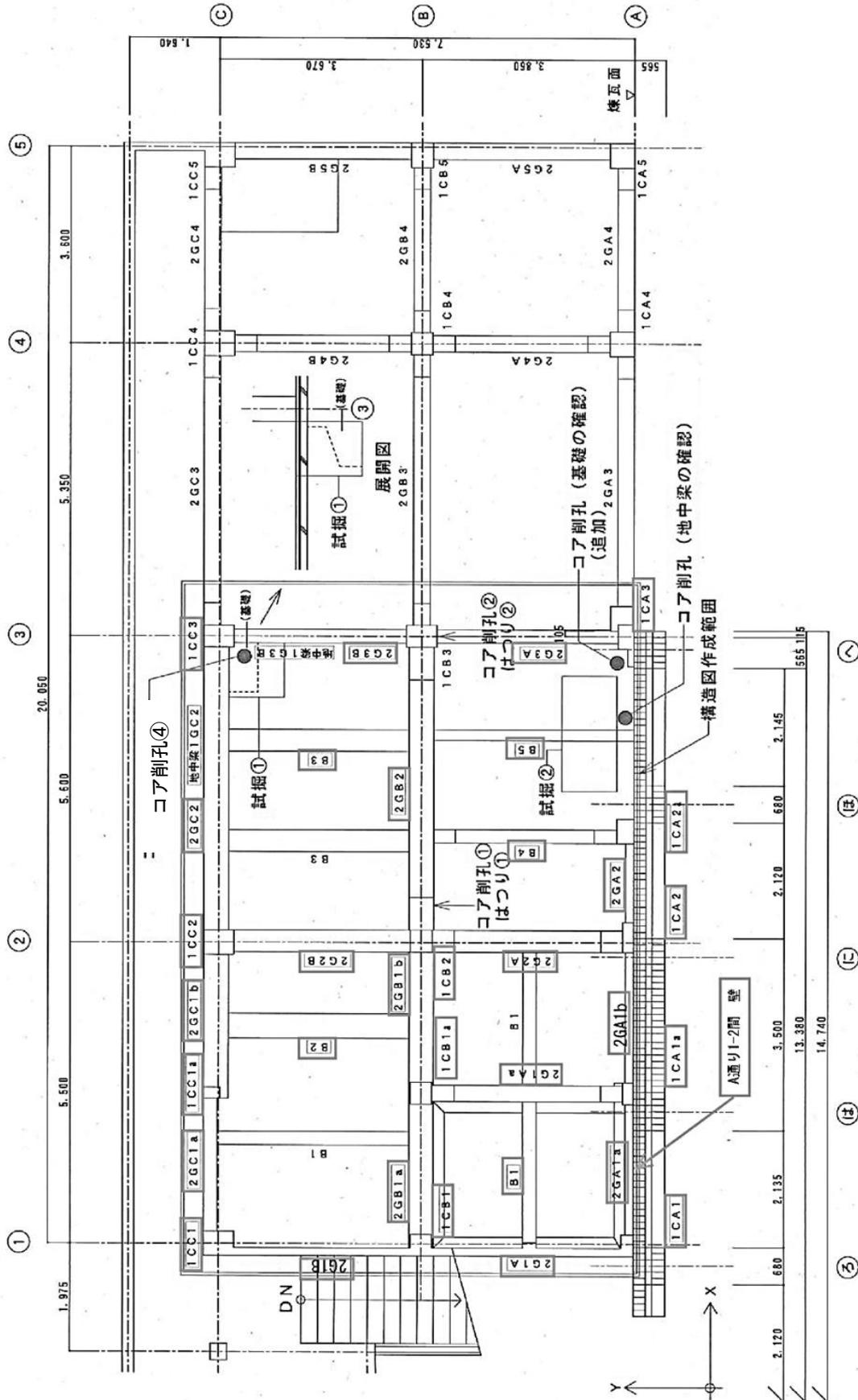


図 2-4-39 試験・調査位置図 1

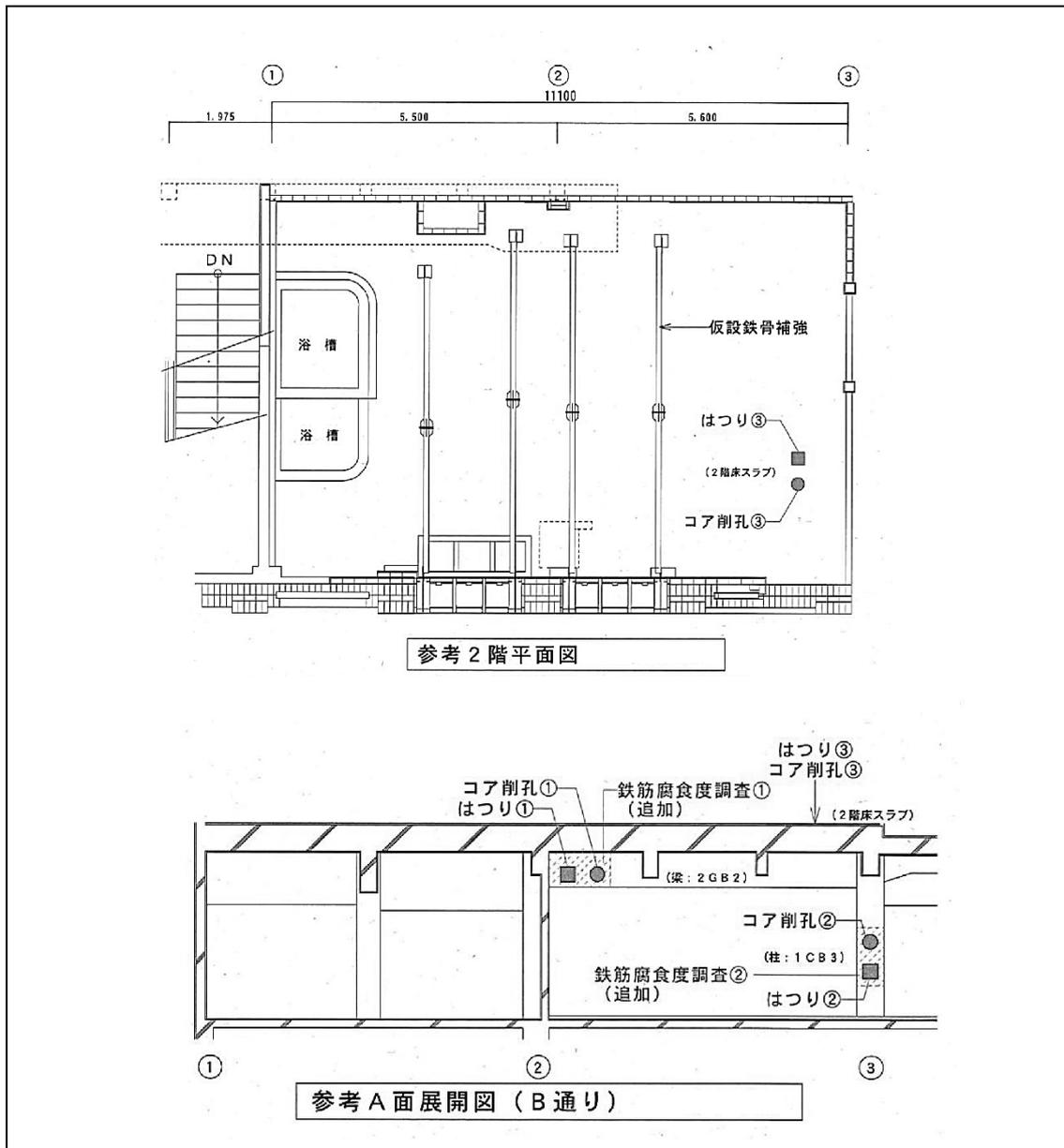


図 2-4-40 試験・調査位置図 2

②鉄筋の目視調査

各部位における配筋状況、かぶり厚さ、鉄筋径、鉄筋腐食状態（はつり部）の把握を目的とした。

②-1 調査方法

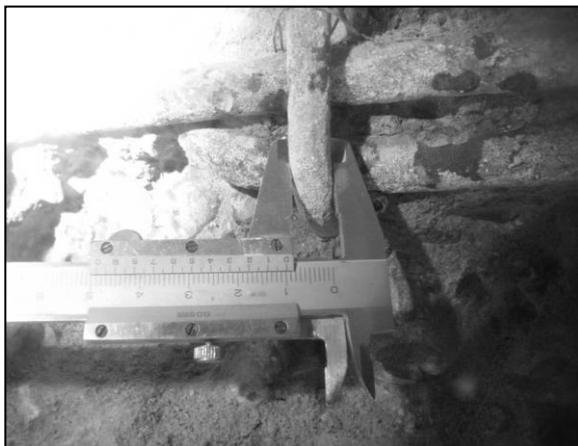
鉄筋の配筋状況は鉄筋探査機（電磁波レーダー法）を用いて調査を行い、配筋位置をテープでマーキングし、鉄筋間隔の実測を行った。鉄筋のかぶり厚さ及び鉄筋径は、はつり部においてはスケール、ノギスにて実測を行った。鉄筋腐食状態は、はつり部において直接目視により確認を行い、『コンクリート診断技術（コンクリート工学会）』記載の腐食度判定基準に準じ判定を行った。



鉄筋探査(電磁波レーダー法)作業



鉄筋配筋状況



鉄筋径実測作業



かぶり厚さ実測作業

写真 2-4-65 鉄筋の目視調査状況

②-2 調査結果

梁、柱、床の3箇所について、はつりによる実測及び腐食度の目視確認を行った。梁、柱については、自然電位測定及び分極抵抗測定による鉄筋腐食度調査も行っている。また、梁、柱については、配筋調査において電磁誘導法による鉄筋径及びかぶり厚さの測定も行った。

各測定箇所の鉄筋径、鉄筋間隔、かぶり厚さ、鉄筋腐食度（目視による）を表 2-4-33 に示す。鉄筋の腐食は梁と柱が腐食状態Ⅲで鉄筋の周囲または全長にわたって浮き錆が生じている状態であった。柱については帯筋がわずかに断面欠損している状態であり、腐食の進行が著しいことがわかる。

かぶり厚さにおいては建築基準法施行令に定める厚さと比較してみると、すべての箇所において基準以上の厚さを示している（写真 2-4-66）。

また、梁を下面から鉄筋探查をした結果、下端筋が 2 本しかないことが分かった。



鉄筋状況（柱）



鉄筋状況（梁）



鉄筋状況



梁下面配筋状況

写真 2-4-66 鉄筋状況

表 2-4-33 鉄筋調査結果一覧表

No.	場所	鉄筋径		鉄筋間隔 (帯金及びあばら筋)	かぶり厚さ	腐食度
		主筋	帯筋(あばら筋)			
①	梁	13φ	9φ	150mm	32mm	III
②	柱	16φ	13φ	250mm	43mm	III
③	床	9φ	9φ	250mm(X方向) 200mm(Y方向)	53mm	II

表 2-4-34 鉄筋腐食度判定基準

鉄筋腐食度	鉄筋の状態
I	黒川の状態、または錆は生じていないか全体に薄い緻密な錆であり、コンクリート面に錆が付着していることはない。
II	部分的に浮き錆があるが、小面積の斑点状態である。
III	断面欠損は目視観察では認められないが、鉄筋の周囲または全長にたつて浮き錆が生じている。
IV	断面欠損を生じている。

表 2-4-35 建築基準法施工令鉄筋かぶり厚さ一覧表

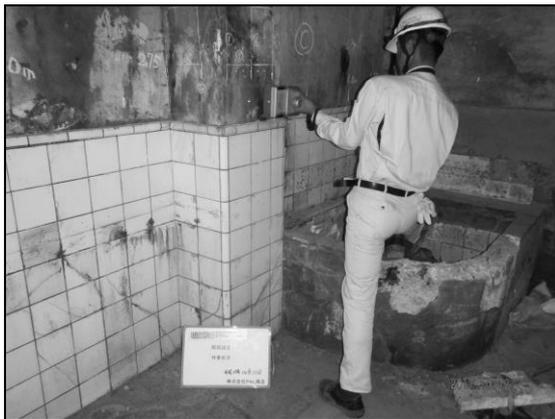
部位			施行令に定める値
土に接しない部分	床スラブ・屋根スラブ 非耐力壁	屋内	20 以上
		屋外	
	柱・梁・体力壁	屋内	30 以上
		屋外	
	擁壁	—	
土に接する部分	柱・梁・床スラブ・屋根スラブ・壁 布基礎の立ち上がり部分	40 以上	
	基礎・擁壁	60 以上	

### ③配筋調査

はつりを実施しない部材について、非破壊調査により各部材の配筋状況、鉄筋径、かぶり厚さの把握を目的とした。

#### ③-1 試験方法

はつりを実施しない部材を対象とし、34箇所での位置で電磁誘導法による鉄筋探査を行った。試験は鉄筋探査機（電磁レーダー式）を用いて配筋位置をチョークでマーキングし、電磁誘導法による鉄筋探査機で鉄筋径及びかぶり厚さを測定した。



配筋調査状況



配筋状況 (2G02 側面)



配筋調査状況



探査画面

写真 2-4-67 配筋調査状況

#### ③-2 試験結果

測定面は柱についてはX方向、Y方向各1面、梁については側面、梁下面を測定した。

はつり①(梁)の実測結果と電磁誘導法による鉄筋径を比較した結果、実測値は主筋13φ、あばら筋10φであったことに対し、電磁誘導法による鉄筋径では主筋、あばら筋ともに16φという結果であり、電磁誘導法による鉄筋径が実測値より大きい結果が見られた。端島で行われた既往の調査でも同様の結果が見られることから電磁誘導法による鉄筋径データは参考値にとどめることとした。今回、

調査範囲は同時期に施工されていると考えられることや、はつり調査箇所が同建物の代表的な柱、梁であること、実測値であり信憑性があることを考慮し、鉄筋径ははつり箇所で実測した値を推定値として採用した。

表 2-4-36 鉄筋調査結果一覧表

場所	符号	鉄筋径（実測及び非破壊調査）		鉄筋径（推定値）		鉄筋間隔 （帯筋及びあばら筋）	かぶり厚さ	備 考
		主筋	帯筋 （あばら筋）	主筋	帯筋 （あばら筋）			
柱	1CA1	16φ	13φ	16φ	13φ	250mm	65mm	
柱	1CA1a	25φ	16φ	16φ	13φ	300mm	66mm	
柱	1CA2	16φ	16φ	16φ	13φ	250mm	62mm	
柱	1CA2a	19φ	16φ	16φ	13φ	300mm	47mm	
柱	1CA3	16φ	16φ	16φ	13φ	300mm	82mm	
柱	1CB1	16φ	16φ	16φ	13φ	250mm	70mm	
柱	1CB1a	19φ	13φ	16φ	13φ	200mm	51mm	
柱	1CB2	19φ	16φ	16φ	13φ	250mm	63mm	
柱	1CB3	16φ	13φ			250mm	53mm	実測箇所
柱	1CC1	16φ	10φ	16φ	13φ	300mm	35mm	
柱	1CC1a	6φ	6φ	6φ	6φ	150mm	120mm（推定）	はしご筋
柱	1CC2	19φ	16φ	16φ	13φ	300mm	51mm	
柱	1CC3	19φ	13φ	16φ	13φ	250mm	38mm	
大梁	2GA1a	19φ	10φ	13φ	10φ	200mm	41mm	
大梁	2GA1b	16φ	16φ	13φ	10φ	250mm	53mm	
大梁	2GA2	22φ	16φ	13φ	10φ	200mm	79mm	
大梁	2GB1a	19φ	6φ	13φ	10φ	350mm	35mm	
大梁	2GB1b	19φ	6φ	13φ	10φ	150mm	37mm	
大梁	2GB2	13φ 16φ	10φ 16φ			150mm	44mm	実測箇所
大梁	2GC1a	22φ	6φ	13φ	10φ	250mm	43mm	
大梁	2GC1b	13φ	10φ	13φ	10φ	150mm	38mm	
大梁	2GC2	19φ	13φ	13φ	10φ	400mm	84mm	
大梁	2G1A	16φ	13φ	13φ	10φ	200mm	59mm	
大梁	2G1B	16φ	6φ	13φ	10φ	300mm	48mm	
大梁	2G1Aa	19φ	16φ	13φ	10φ	200mm	53mm	
大梁	2G2A	19φ	13φ	13φ	10φ	300mm	55mm	
大梁	2G2B	16φ	16φ	13φ	10φ	150mm	83mm	
大梁	2G3A	—	—	—	—	—	—	鉄筋爆裂により測定不能
大梁	2G3B	16φ	19φ	13φ	10φ	150mm	50mm	
小梁	B1	16φ	13φ	13φ	10φ	200mm	48mm	
小梁	B2	16φ	6φ	13φ	10φ	150mm	64mm	
小梁	B3	16φ	10φ	13φ	10φ	150mm	49mm	
小梁	B4	19φ	10φ	13φ	10φ	250mm	49mm	
小梁	B5	13φ	6φ	13φ	10φ	200mm	14mm	
床	S1	9φ	9φ			250mm (X方向) 200mm (Y方向)	53mm	実測箇所

赤字はハツリによる実測値

④中性化深度試験

鉄筋コンクリートの劣化因子である中性化深さの測定を行い、鋼材の腐食環境を把握することを目的とした。

④-1 試験方法

採取コア及びはつり部を対象とし、各3箇所の位置で測定を行った。試験はフェノールフタレインの1%エタノール溶液をコンクリートに噴霧し、赤紫色を呈する部分を未中性化部、着色しない部分を中性化部と判断し、スケールで深さを測定した（写真 2-4-68）。



写真 2-4-68 中性化探査試験状況

④-2 試験結果

表 2-4-37 で示すとおり、中性化深度は全箇所 0 mm で中性化は進行していなかった。上記の結果から、鉄筋の腐食がコンクリートの中性化によるものではなく、別の要因で鉄筋が腐食していると考えられる。

表 2-4-37 中性深度試験結果一覧表

No.	場所	中性化深度（平均値）		かぶり厚さ
		コア	はつり箇所	
①	梁	0 mm	0 mm	32 mm
②	柱	0 mm	0 mm	43 mm
③	床	0 mm	0 mm	53 mm
④	基礎	0 mm	-	-

## ⑤塩化物イオン含有量試験

鉄筋コンクリートの劣化因子である塩化物イオンの含有量の測定を行い、鋼材の腐食環境を把握することを目的とした。

### ⑤-1 試験方法

採取したコア①～④を対象とし、『硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法 (JIS A 1154)』に拠って、公的認定機関 (株式会社 麻生) が試験を実施した。採取したコアを 2 cm 間隔で切断し、切断したスライスを粉砕して電位差滴定法により各深さ毎のコンクリート中の塩化物イオン含有量を測定した。また、塩化物イオン量の算出のためのコンクリートの単位容積質量は、圧縮強度試験時に測定された寸法及び質量から見掛け密度値を求め採用した。スライス数は各コア 3 スライスとし、計 12 枚について試験を行った (写真 2-4-69)。

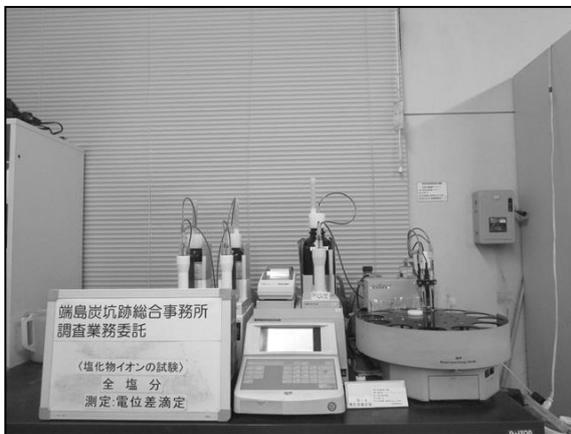


写真 2-4-69 塩化物イオン含有量試験状況

### ⑤-2 試験結果

本試験の結果、全てのコアにおいて表面は腐食発錆限界濃度を超過しており、概ね深度が進むにつれて濃度は下がる傾向を示している。鉄筋近傍においては柱及び床で腐食発錆限界濃度を超過している。はつりにより確認された鉄筋腐食レベルが柱においてⅢ、床においてⅡを示しており、鉄筋近傍において高い塩分濃度環境にあったことが鉄筋腐食の原因の 1 つと考えられる。

## ⑥ 圧縮強度・静弾性試験

コンクリートの強度及び変形性状（応力とひずみの関係）を直接的に求め健全性を確認することを目的とした。

### ⑥-1 試験方法

採取したコア①～④を対象とし、『コンクリートからのコアの採取方法及び圧縮強度試験方法（JIS A 1107）』及び『コンクリートの静弾性係数試験方法（JIS A 1149）』に準じ、公的認定機関（株式会社 麻生）が試験を実施した。なお、本試料は塩化物含有量試験と共用するため、乾湿の条件をそろえるための水浸処置は施さなかった。

コア②～④については供試体の高さと同径の比が 1.90 より小さいため補正係数を用いて圧縮強度の算出を行った。



写真 2-4-70 圧縮強度・静弾性試験試験状況

### ⑥-2 試験結果

試験結果を表 2-4-38 に示す。本試験で得られた結果は  $11.6\text{N/mm}^2 \sim 42.4\text{N/mm}^2$  であった。梁の圧縮強度が当初設計基準値  $13.5\text{N/mm}^2$  に比べ低く、静弾性係数は柱、梁、スラブにおいて当時の設計基準値より低い数値を示していた。コンクリートの強度については、建築当初の材料調合、もしくは経年劣化による強度低下が考えられる。

表 2-4-38 圧縮強度及び静弾性係数結果一覧

No.	場所	平均直径 (mm)	平均高さ (mm)	最大荷重 ( $\times 10^3\text{N}$ )	補正係数	圧縮強度 ( $\text{N/mm}^2$ )		静弾性係数 ( $\text{kN/mm}^2$ )	見掛け密度 ( $\text{g/cm}^3$ )
						補正前	補正後		
①	梁	76.7	150.0	53.4	1.00	11.6	11.6	16.9	2.33
②	柱	76.7	143.8	89.8	0.99	19.4	19.2	11.8	2.21
③	床	76.7	134.1	200	0.98	43.3	42.4	16.3	2.36
④	基礎	77.4	93.8	194	0.92	41.2	37.9	26.6	2.33

## ⑦反発度試験

コアを採取しない部位についてコンクリートの強度を簡易的に求め健全性を確認することを目的とした。

### ⑦-1 試験方法

配筋調査を実施した箇所と同じ 34 箇所にて、反発度試験を実施した。シュミットハンマーを用いて、コンクリート表面を平滑に均し、測定面に対して常に垂直方向になるよう保持しながらゆっくりと押して打撃を起こさせる。

1 箇所あたり 25 点を原則とし、25 点測定が困難な箇所については 20 点以上測定で試験を実施した。



写真 2-4-71 反発度試験状況

### ⑦-2 試験結果

本試験で得られた結果は  $18.3\text{N/mm}^2 \sim 59.6\text{N/mm}^2$  であった。コア①（梁 2GB2）の圧縮強度試験で得られたデータと反発度試験で得られたデータを比較すると圧縮強度試験の結果は  $11.6\text{N/mm}^2$  であったことに対し、反発度試験で得られた結果は  $59.3\text{N/mm}^2$  と著しい相違がみられる。理由としては、仕上げ面の凹凸による影響や浮きの影響と考えられる。また、推定強度の結果にばらつきがみられることから、部分的にコンクリート強度の低い箇所が存在する可能性がある。このことは圧縮強度試験の結果からも同様のことが言える。

## ⑧鉄筋腐食度調査

鉄筋の腐食可能性及び腐食速度を把握することを目的とした。

### ⑧-1 調査方法

対象ははつり箇所①及び②とし、構造耐力上重要な柱と梁の2箇所について調査を実施した。腐食可能性については自然電位測定を実施し、腐食速度については分極抵抗測定を実施した(写真2-4-72)。



写真 2-4-72 鉄筋腐食度調査状況

### ⑧-2 調査結果

鉄筋腐食性評価及び腐食速度の判定基準は、『コンクリート診断技術(コンクリート工学会)』記載の判定基準に準じ判定を行った。腐食可能性においては、梁の一部において「90%以上の確率で腐食あり」、その他は「不確定」もしくは「90%以上の確率で腐食なし」との判定となったが、はつり部で目視を行ったところ、柱及び梁においてⅢの判定であり相違が生じている。分極抵抗測定による腐食速度の判定においても、全測定箇所「腐食なし」の判定となり、相違が生じている。判定に相違が生じている理由として、鉄筋表面の錆を研磨しても、腐食が内部まで浸食しており、錆の上から計測を行ったことで抵抗が大きくなったことが考えられる。

⑨コア採取（基礎・地中梁の有無の確認）

試掘箇所②において、試掘調査により基礎及び地中梁の確認が困難であったため、コア採取により基礎及び地中梁の有無を確認することを目的とした（写真 2-4-73）。

⑨-1 調査方法

試掘箇所②の範囲でスラブから鉄筋探査を行い、配筋状況を確認した。探査の結果、鉄筋がなかったため、スラブから真下にコアを採取し、基礎及び地中梁の有無を確認した。コアは採取した際に断面から層が判別できるように 100φ で実施した。



コア削孔状況



コア削孔完了後



採取コア



復旧完了

写真 2-4-73 鉄筋腐食度調査状況

⑨-2 調査結果

調査の結果、厚さ約 250mm の薄いコンクリート基礎を確認したが、コア採取及び鉄筋探査の結果から地中梁は存在しないことが判明した。

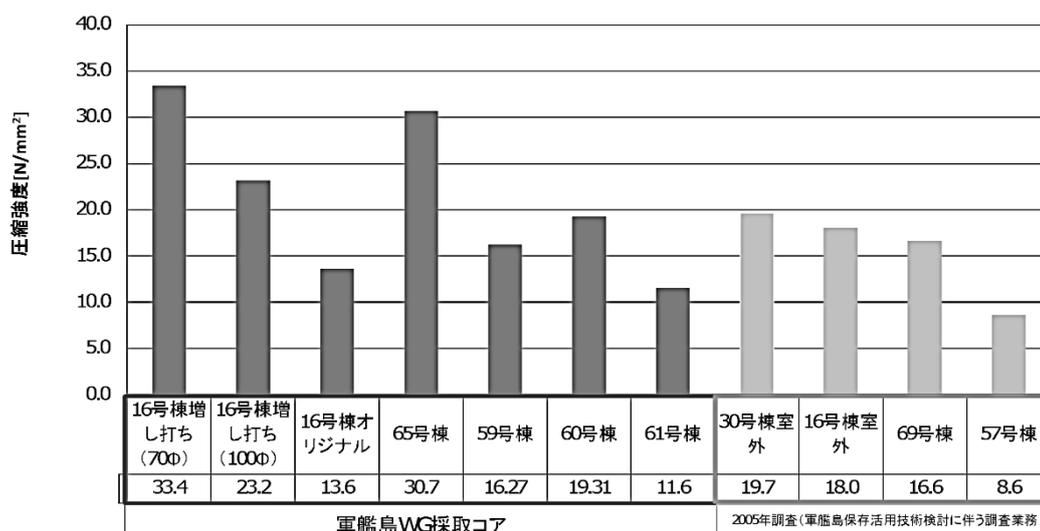
コア採取 2 箇所ともに、表層に約 350mm の無筋コンクリートのコンクリート層があり、表層から約 600mm の位置に基礎石を確認した。コンクリート基礎は基礎石の上に施工されており、鉄筋探査の結果、鉄筋はなかったため、煉瓦壁側の基礎は無筋の偏心基礎であると推測される。

⑩考察

本試験・調査で得られた結果から、コンクリートにおいては梁の圧縮強度が当初設計基準値  $13.5\text{N/mm}^2$  に比べ低く、静弾性係数は柱、梁、スラブにおいて当時の設計基準値より低い数値を示していた。コンクリートの強度については建築当初の材料調合、もしくは経年劣化による強度低下が考えられる。塩化物イオン含有量は深度が浅いところでは含有量が多く検出され、鉄筋位置において腐食発錆限界濃度を超える値を示しており、鉄筋の腐食も確認された。中性化深度においては殆ど中性化していない状況であった。島内の他の建物のコンクリート強度と比べると、当該建物のコンクリート強度はやや低い傾向を示していた。

これら現状を考慮すると、当該建物に使用されているコンクリートは外的作用因子もしくは、建設当初の材料調合等による影響で部分的に劣化や強度低下している可能性がある。また、それに伴い、鉄筋の腐食も部分的に進行している可能性がある。

表 2-4-39 端島島内建物の圧縮強度数値



※日本建築学会 他による『軍艦島コンクリート構造物の劣化調査報告書』より抜粋

5) 常時微動測定及び風向、風速、温湿度の計測

①調査目的

端島炭坑跡総合事務所において、遺構の現状把握の調査のひとつとして常時微動測定を行い、保存修理および構造補強検討の基礎データを取得することを目的とし調査を行った。

②調査項目及び数量

今回調査の測定項目及び測定位置を表 2-4-40、図 2-4-41 に示す。なお、調査は平成 29 年 11 月 6 日の 8:00 から 17:00 に行った。

表 2-4-40 測定項目

項目		測定位置	測定内容		単位
常時微動	上段	2階床	3成分	X:遺構短辺方向、Y:遺構長辺方向、Z:鉛直	Gal
	中段	階 段	3成分	X:遺構短辺方向、Y:遺構長辺方向、Z:鉛直	Gal
	下段	地 盤	3成分	X:遺構短辺方向、Y:遺構長辺方向、Z:鉛直	Gal
風向風速	東西(EW)	遺構2F床より 3.0m	常時微動測定中の東西方向風速(東風+)		m/s
	南北(NS)		常時微動測定中の南北方向風速(北風+)		m/s
	上下(UD)		常時微動測定中の上下方向風速(吹上+)		m/s
	平均風速		常時微動測定中の10分間平均風速		m/s
温湿度	気温	遺構2F床より 約1.5m	常時微動測定中の外気温		℃
	湿度		常時微動測定中の相対湿度		%RH

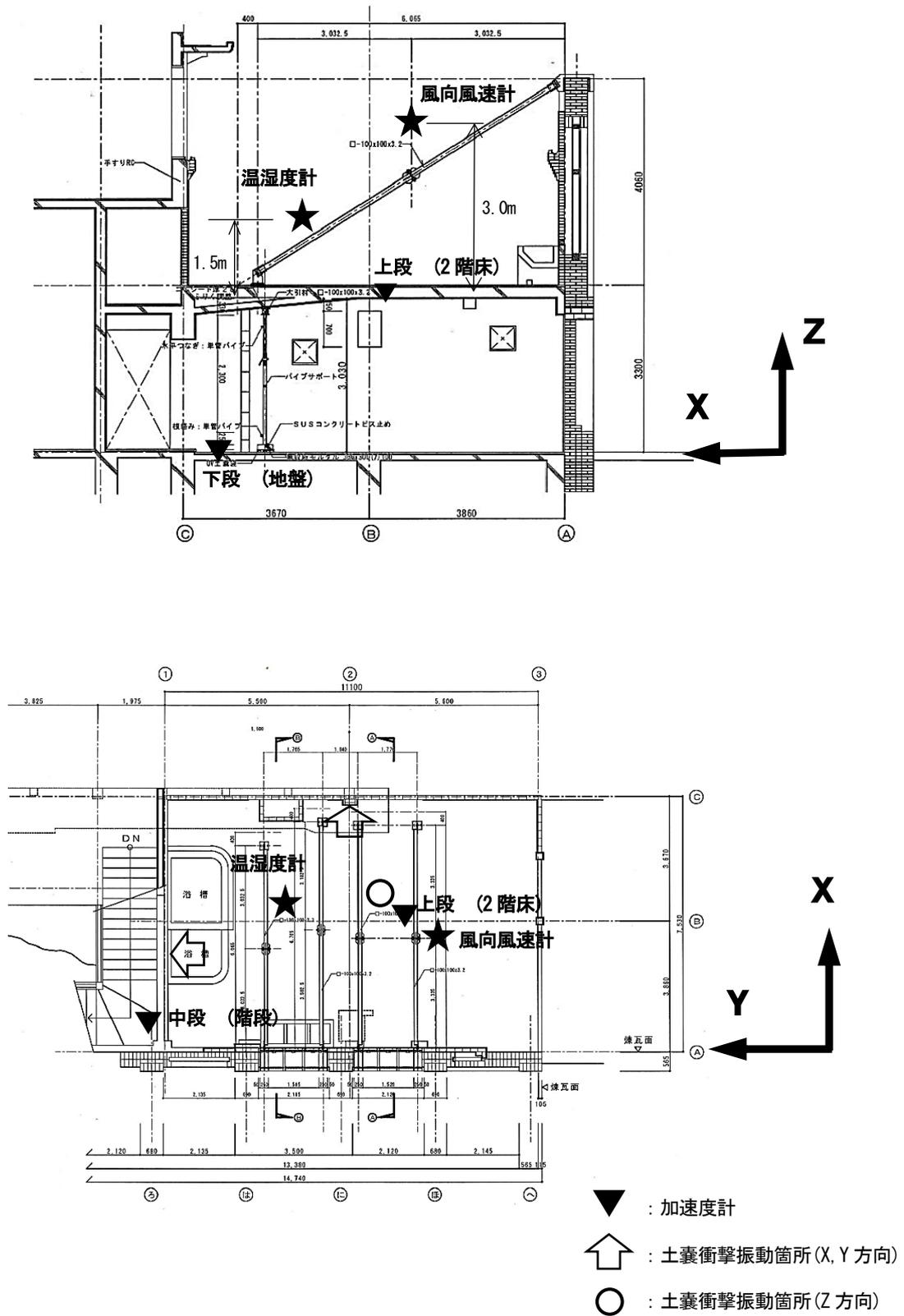


図 2-4-41 測定位置

③測定内容

測定は各測点とも水平動 2 成分 (X、Y 方向)、上下動 (Z 成分) の 3 成分とし、X 方向は遺構短辺方向、Y 方向は遺構長辺方向とする。測定方法を表 2-4-41 に示す。

表 2-4-41 測定方法

測定内容	測定項目	サンプリング間隔	測定時間	測定方向
常時微動 (遺構・地盤)	加速度	0.005sec(200Hz)	600sec	X, Y, Z 方向
土嚢衝撃振動 (遺構)	加速度	0.005sec(200Hz)	41sec	X, Y, Z 方向
風向風速	風向・風速	1.0sec	常時微動 測定期間	—
温湿度	気温・相対湿度	5min	常時微動 測定期間	—

④使用機材

使用機材と主な仕様を表 2-4-42 に示す。

表 2-4-42 使用機器及び仕様

機 器	型 式	メーカ	数 量	主な仕様	備 考
サボ型加速度計	LS-10C	リオン	9 台 (3 台/測点)	1ch/台 LS-10C と LF-20 の組合わせで	—
電源器	FL-20	リオン	3 台 (3 台/測点)	周波数範囲 0.02~100Hz 加速度範囲 ±3000gal	—
データレコーダー	EDX-10B EDX-12A	共和電業	1 台 3 台	4ch/台×3 台 分解能: 24bit	—
制御コンピュータ	—	—	1 台	—	データ収録制御用
風向風速計	SAT-600	ソニック	1 台	超音波型 測定範囲: 0~60m/s	—
温湿度計	HM-70	VAISALA	1 台	温度: -20~60°C 湿度: 0~100%RH	—
その他: 振動計測用専用延長ケーブル、機器間接続用 BNS ケーブル、接続用端子台等の周辺機材 1 式					

⑤測定システム

常時微動、風向風速測定、温湿度測定システムを図 2-4-42 に示す。加速度計、風向風速計は直接制御 PC に収録し、温湿度計は機器内メモリにて記録後、データを抽出した。

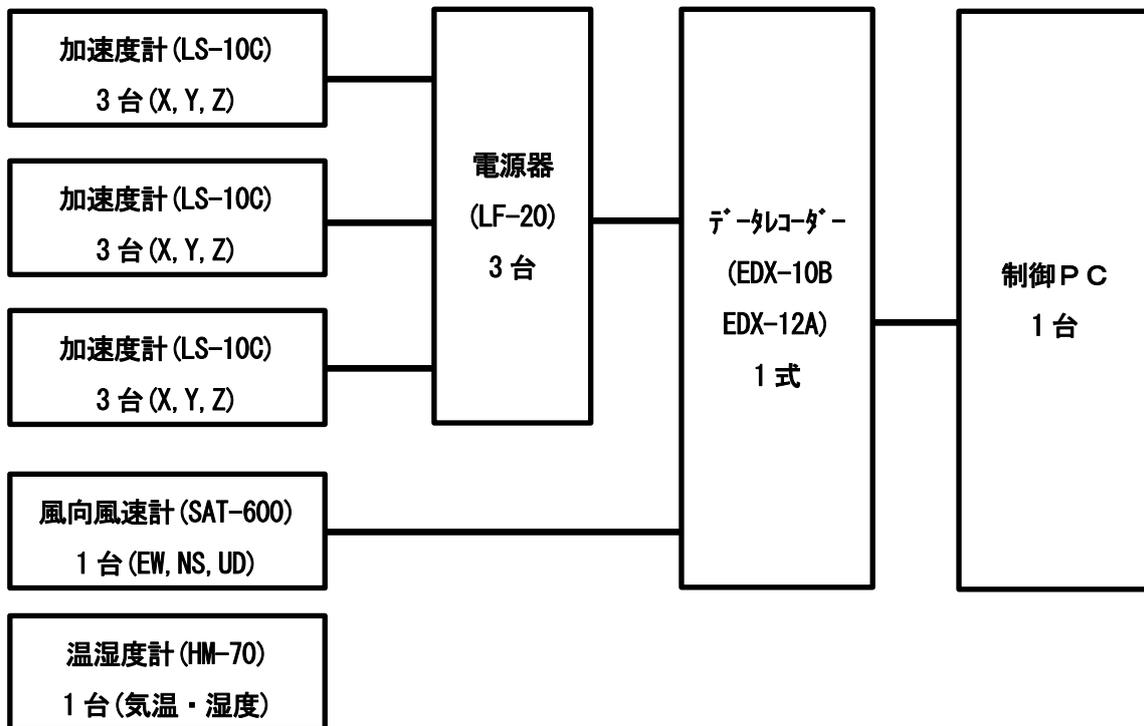


図 2-4-42 計測システムブロック

## ⑥試験調査結果

解析結果を表 2-4-43 に示す。

表 2-4-43 収録内容

常時微動①	平均風速約 3.5m/sec	11:00 測定開始
常時微動②	平均風速約 3.0m/sec	11:38 測定開始
常時微動③	ほぼ静穏状態	13:27 測定開始
土嚢衝撃	建物内部から土嚢を衝突させる	12:34~12:49 の間で実施

### ⑥-1 常時微動測定結果

測定結果（地盤、遺構[2階床]の卓越振動数）を表 2-4-44 に示す。地盤の卓越振動数算出には H/V スペクトル、遺構の卓越振動数算出にはフーリエスペクトルを用いた。

各項目の算出手順を以下に示す。

#### ○地盤卓越振動数

- 1) 地盤の加速度データから各成分（X、Y、Z）のフーリエスペクトルを求める。
- 2) フーリエスペクトルの水平成分（X、Y）の二乗和平方根を求める。
- 3) 求めた水平成分の二乗和平方根を Z 成分のフーリエスペクトルにて除し H/V スペクトルとする。
- 4) 求めた H/V スペクトルより地盤の卓越振動数（卓越周期）を求める。

#### ○遺構卓越振動数

- 1) 遺構の 2 階床、階段のデータの内、適切な区間を抽出し FFT 解析によりフーリエスペクトルを算出する
- 2) フーリエスペクトルのピークを求め、遺構の卓越振動数を求める。

解析結果は以下の通り。

地盤の卓越振動数：解析を行った周波数帯において H/V スペクトル比が 1.0~1.5 で概ね一定の値を示しており、明確に卓越した周波数ピークは認められなかった。

遺構の卓越振動数：常時微動計測および土嚢衝撃計測を行った結果、2 階床部は X 方向：20.4Hz（平均）、Z 方向：32.1~33.3Hz（平均）であった。X、Z 方向は卓越振動数の値に再現性があり当該遺構の卓越振動数と想定される。しかし、Y 方向については明確なピークおよび再現性が認められず、卓越振動数は不明という結果となった。

表 2-4-44 常時微動解析結果

測定方法		卓越振動数(Hz)					
		地盤	階段	2階			
常時微動		①	---	---	Z	32.0	
		②	---	---	Z	29.5	
		③	---	---	Z	34.8	
土震衝撃	2階 壁・床	X方向	1	---	---	X	20.1
			2	---	---	X	20.5
			3	---	---	X	20.6
		Y方向	1	---	---	Y	---
			2	---	---	Y	---
			3	---	---	Y	---
		Z方向	1	---	---	Z	33.4
			2	---	---	Z	33.3
			3	---	---	Z	33.2

⑥-2 気象測定結果（風向風速、温湿度）

常時微動測定と並行し、風向風速計および温湿度の測定を行った。測定期間は常時微動測定期間と同じとした。風向風速は共に 10 分間の平均を求めプロットしている。測定結果を図 2-4-43 並びに図 2-4-44 に示す。

気象測定結果より、風向風速については、10：10 頃に最大平均風速 4.6m/s を記録したが午後にかけて風が弱まる傾向にあった。また、12:30 頃から 13:40 頃の間は平均風速 1.0m/s 未満となり静穏状態であった。風向は、午前中は東北東の風で安定していたが、風速が弱まってきた午後から概ね南東～南西方向でとなった。

温湿度測定結果は、測定中の平均気温が 20.3℃、平均相対湿度が 62.9%RH であった。気温は最低気温 17.0℃から昼にかけて気温が上昇し最高気温 24.4℃まで上昇した。気温の上昇に伴い湿度は、朝一の最高湿度 82.3%RH から徐々に低下し最低湿度は 42.2%RH であった。風向風速・気温・湿度共に常時微動測定に支障となるような急激な天候の乱れは確認されなかった。

端島気象測定結果(10分間平均風向風速)

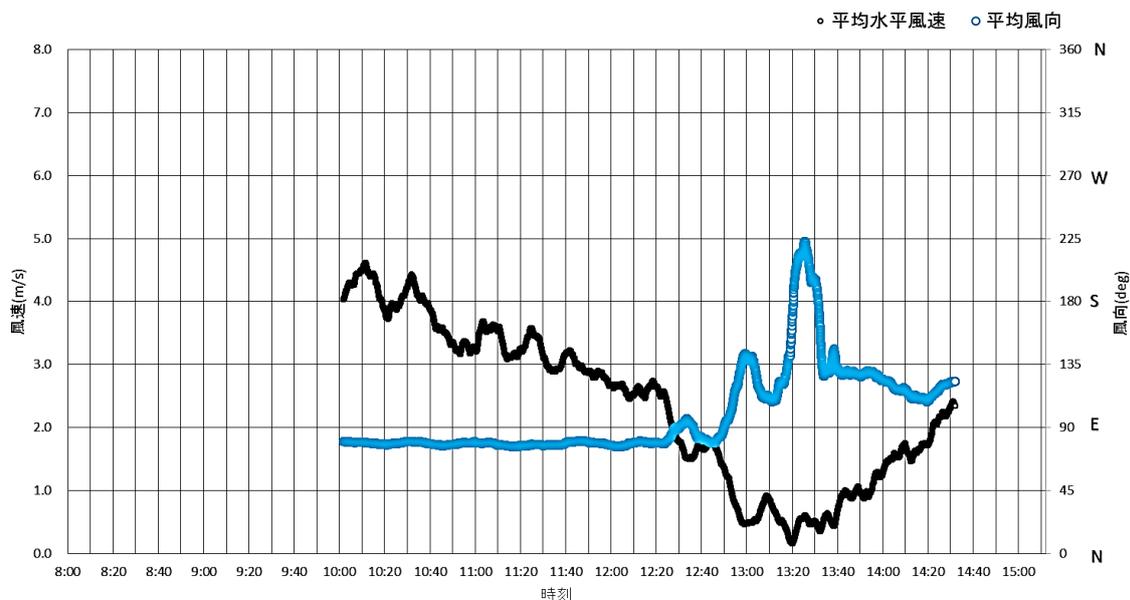


図 2-4-43 風向風速測定結果 (10 分間平均)

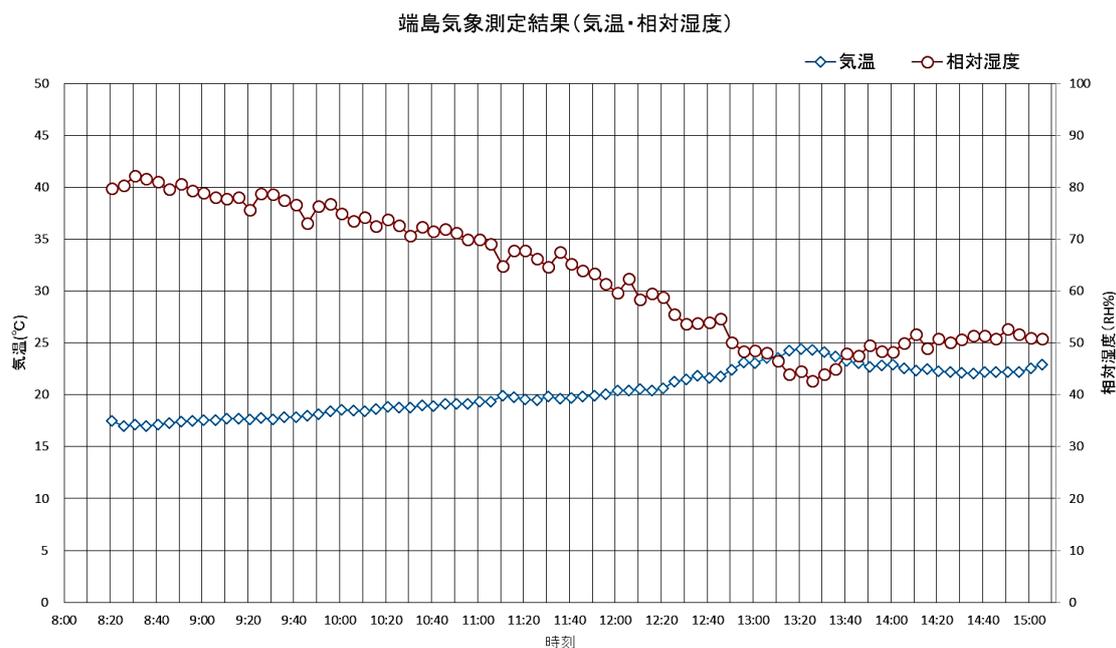


図 2-4-44 温湿度測定結果

⑦考察

⑦-1 遺構の卓越振動数

今回対象となった総合事務所は、過去に実施した遺構（平成 28 年度：第 3 竖坑捲座跡煉瓦壁体、平成 29 年度入坑栈橋）と比較し揺れにくい構造であったため、確認できた卓越振動数は、2 階 X 方向及び 2 階 Z 方向の 2 点であった。遺構の長辺方向である Y 方向及び階段部については、明確な卓越振動数を確認することは出来なかった。

確認された卓越振動数は、2 階 X 方向で 20.4Hz（平均）、2 階 Z 方向（床振動）：32.1～33.3Hz（平均）であり、地震時に大きな共振現象は起こらないと推察される。ただし、今後遺構の劣化が進むにつれ躯体の剛性が低下した場合には、卓越振動数が低下し共振現象を誘発する可能性は否定できない。地盤の卓越振動数は、H/V スペクトル比がどの周波数帯においても 1.5 付近で変化（ピーク）がみられないことより比較的均質な中位の硬さの地盤であると想定される。

⑦-2 風向風速、温湿度

常時微動測定に支障となるような強風は、確認されなかった。

## 6) 基礎調査 (試掘)

### ①調査概要

埋設されている遺構の基礎について現状を把握するため、試掘を行い形状、材料の調査及び劣化、沈下などの調査を行い、今後の保存修理及び構造補強検討に必要な基礎資料作成を行うことを目的に調査を行った。以下に概要を記す。

調査日：平成 29 年 10 月 20 日・11 月 9 日・11 月 21 日

面積・深度：試掘箇所①（面積 1 m<sup>2</sup>・深度 0.9m）・試掘箇所②（面積 1.6 m<sup>2</sup>・深度 0.78m）

出土遺物：0 点

### ②試掘箇所の設定

調査対象地である総合事務所は端島の南西に位置しており、明治 30 年 (1897) に埋め立てられた範囲に所在する。また、総合事務所は鉄筋コンクリート造の建物であり、一階は主に鉱員用の浴場として使用された。今回の調査では建物基礎を確認する目的で、浴場西側の浴槽を挟んだ北側に試掘箇所①、南側に試掘箇所②として試掘坑を設定した (図 2-4-45)。調査は床面に張られていたコンクリートを剥ぎ取った後に人力掘削にて行った。なお、土層図は試掘箇所①は北壁、試掘箇所②は南壁で作成している。また、土層図の高さは浴場床面の標高 8.934m を基準としている。

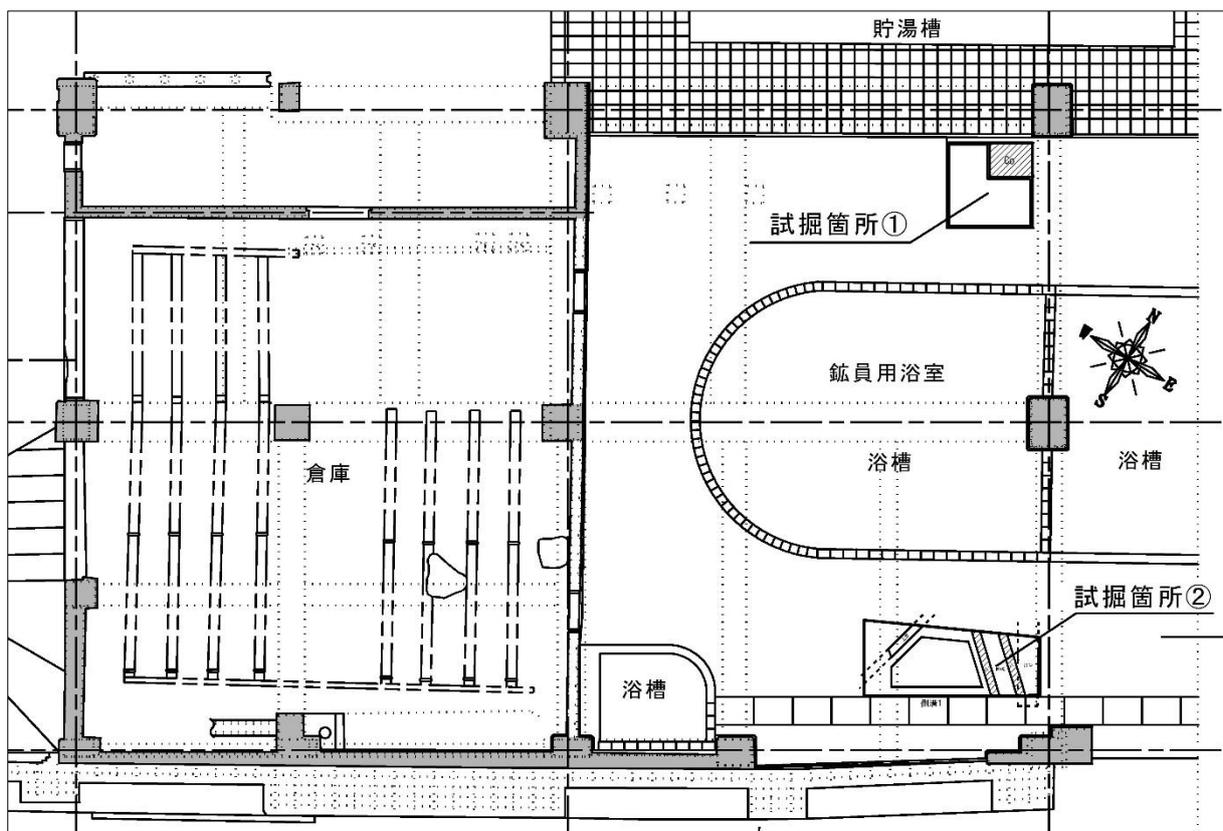


図 2-4-45 試掘箇所位置図



写真 2-4-74 試掘箇所①着工前



写真 2-4-75 試掘箇所①調査状況



写真 2-4-76 試掘箇所①完掘



写真 2-4-77 試掘箇所②着工前



写真 2-4-78 試掘箇所②調査状況



写真 2-4-79 試掘箇所②完掘状況



写真 2-4-80 試掘箇所①埋戻し完了



写真 2-4-81 試掘箇所②埋戻し完了

③試掘箇所①

③-1 基本土層

試掘箇所①の土層を精査したところ、コンクリートが 35 cm張られており、その下層に埋土と思われる 1 層及び 2 層が堆積していた (表 2-4-45)・(写真 2-4-82)・(図 2-4-47)。なお、1 層・2 層共に遺物は確認出来なかった。特筆すべき事項として試掘箇所①・②の埋土 (1 層) がほぼ同じ標高 (約 8.6m) から堆積している点が挙げられる。コンクリートの厚みが同じである点と併せて試掘箇所①・②が同時期に施工されたことを示す土層堆積状況と言える。

表 2-4-45 試掘箇所①土層表

層位	層名	土色	註記
1 層	灰褐色砂質土層	Hue2.5Y6/1 黄褐	5 cmほどの礫を含む砂質土である。Co 基礎の周囲を埋めるために盛られた土と思われる。なお、遺物は確認されなかった。また、土質は異なるが試掘箇所②1 層とほぼ同じ標高 (約 8.6m) に堆積している。
2 層	黒褐色混礫土層	Hue7.5YR1/3 黒褐	5 cmから 15 cm程の礫及び石炭片を含む土である。Co 基礎の下部に体積しており、1 層と同様に埋土と考えられる。



写真 2-4-82 試掘箇所①東壁



写真 2-4-83 試掘箇所① 基礎

③-2 試掘調査

人力掘削に先立ち、床面に張られていた厚さ約 35 cmのコンクリートを撤去したところ、基礎と思われるコンクリートを確認した (写真 2-4-84・85)。その後、基礎の周囲を掘削した結果、厚さ 40 cmで底面を確認した。なお、床面から基礎の底面までの深度は 75 cmである。試掘箇所①は建物の基礎と思われるコンクリート構造物を確認した。基礎には劣化、沈下等は確認されない。



写真 2-4-84 試掘箇所①完掘



写真 2-4-85 試掘箇所① 基礎

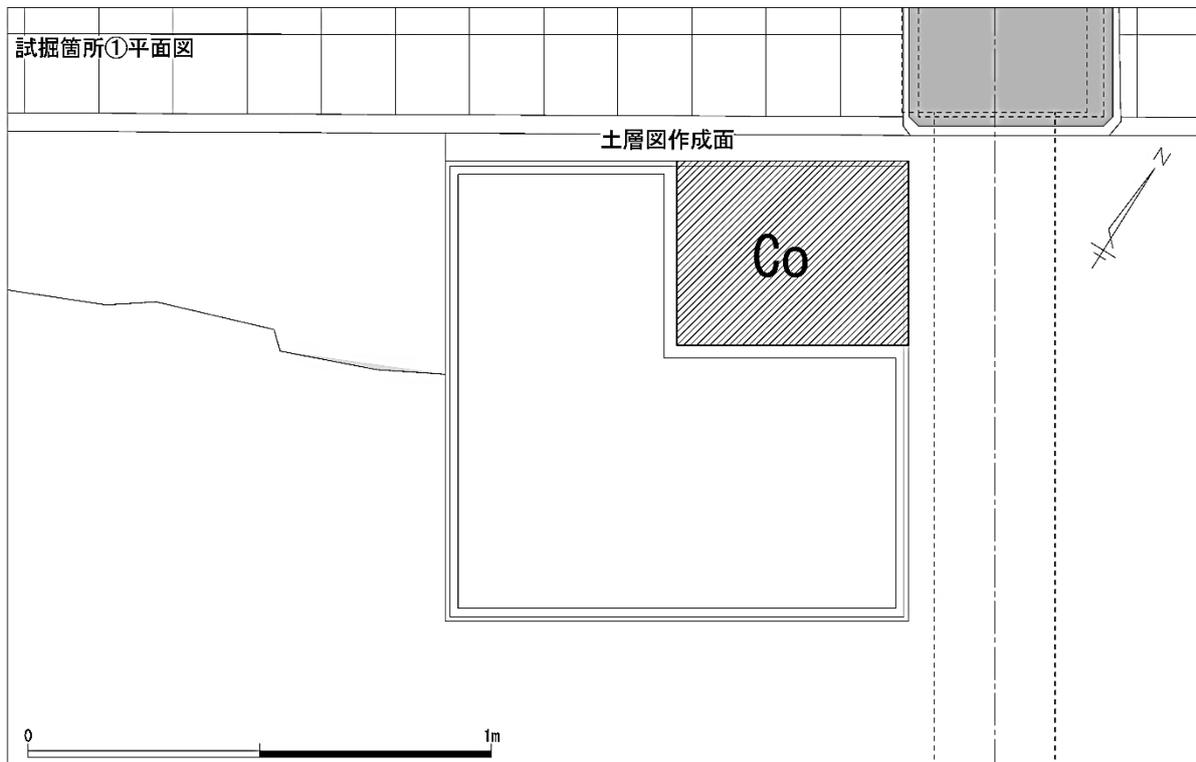


図 2-4-46 試掘箇所①平面図

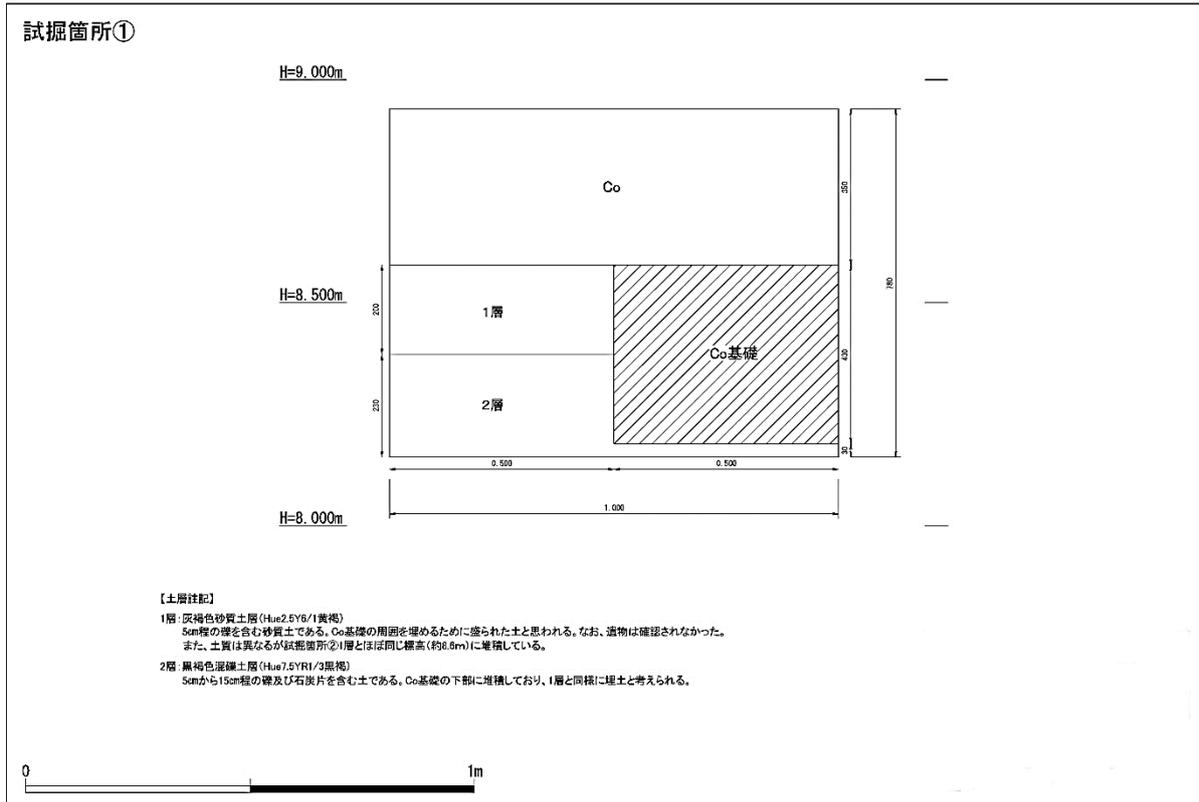


図 2-4-47 試掘箇所①北壁土層図

④試掘箇所②

④-1 基本土層

試掘箇所②の土層を精査したところ、コンクリートが5cm程張られており、その下層は約5cm碎石層があり、更にその下層は25cm程のコンクリートと碎石の層が確認された。合計約35cmのコンクリート部分の下は20cm程の埋土である1層が堆積し、その下位に厚さ約5cmの天川と思われる三和土(2層)が張られており、天川の下層には砂質土(3層)が堆積していた(写真2-4-86・87)。なお1層・2層・3層いずれも遺物は確認出来なかった。

表 2-4-46 試掘箇所②土層表

層位	層名	土色	註記
1層	暗茶褐色混礫土層	Hue2.5YR3/3 暗褐	2層(天川土)の上位に体積する土である。5cmほどの小礫、コンクリート片、石灰片を含む土である。建物を造る際に埋められた土と思われる。遺物は確認されない。なお、土質は異なるが試掘箇所①1層とほぼ同じ標高(8.6m)に体積している。
2層	暗赤褐色硬質土層	Hue5YR3/4 暗赤褐	非常に硬く締まった赤土である。赤土に加え漆喰が含まれていることから三和土(天川)と思われる。埋め立て及び側溝設置にあたり地面を固めるため及び下層からの水気を防ぐために張られたと考えられる。
3層	暗褐色混礫砂質土層	Hue5YR4/2 灰褐	2層(天川土)の階に体積する土である。10cmから15cmほどの礫を含む砂質土である。下層へ行くほど水気を帯びる。総合事務所周辺を埋めるために搬入された土であるか元々岩礁に体積していた土であるかは不明であるが、砂質土であることから埋め立て前から統治に体積していた土である可能性も考えられる。なお、遺物は確認されなかった。



写真 2-4-86 試掘箇所②南壁



写真 2-4-87 試掘箇所②南壁

#### ④-2 試掘調査

試掘箇所②は建物の南側の側溝（側溝 1）に沿うように設定されている（写真 2-4-88）。人力掘削に先立ち床面に張られていたコンクリートを剥いだところ、北西へ伸びる側溝（側溝 2）を確認した（写真 2-4-88・89）。また、コンクリートの下に堆積する 5 cm 程の碎石を除去したところ、コンクリートの土間らしき面が確認された（写真 2-4-88）。コンクリートの土間は西側が斜めに切れており、側溝の片側である可能性が考えられるが詳細は不明である。

コンクリート土間の下層には碎石が敷かれており、碎石層と合わせると厚さは約 25 cm であった。コンクリート土間の下位には埋土である 1 層が堆積しており、その下は天川と思われる三和土が張られていた。また、東側では GL-20 cm の深さから直径約 23 cm の鉄管が確認された（写真 2-4-89・90）。鉄管は側溝 2 と側溝 1 を貫くように配されている（写真 2-4-90）。鉄管及び側溝 2 は浴槽へ向かって伸びていることから浴槽の湯を排水するためのものと考えられる。また、側溝と鉄管の先後関係であるが、コンクリート製の側溝を貫いて鉄管を設置することは困難であるため、「先に鉄管が設置されており後に鉄管に重なる形で側溝が作られた」、または「側溝と鉄管が同時に造られた」のいずれかと考えられる。しかしながら、どちらにせよ、規格品の側溝ではこのような形状を成すことは難しいため側溝 1・2 は現場打ちの側溝である可能性が高い。なお、底面の厚さは 7 cm 程であった。また、東側の 2 層の直上からは直径約 10 cm の土管が確認された。側溝 1・2 とは逆向きであるが同様に浴槽の排水のためのものである可能性が考えられる（写真 2-4-90）。

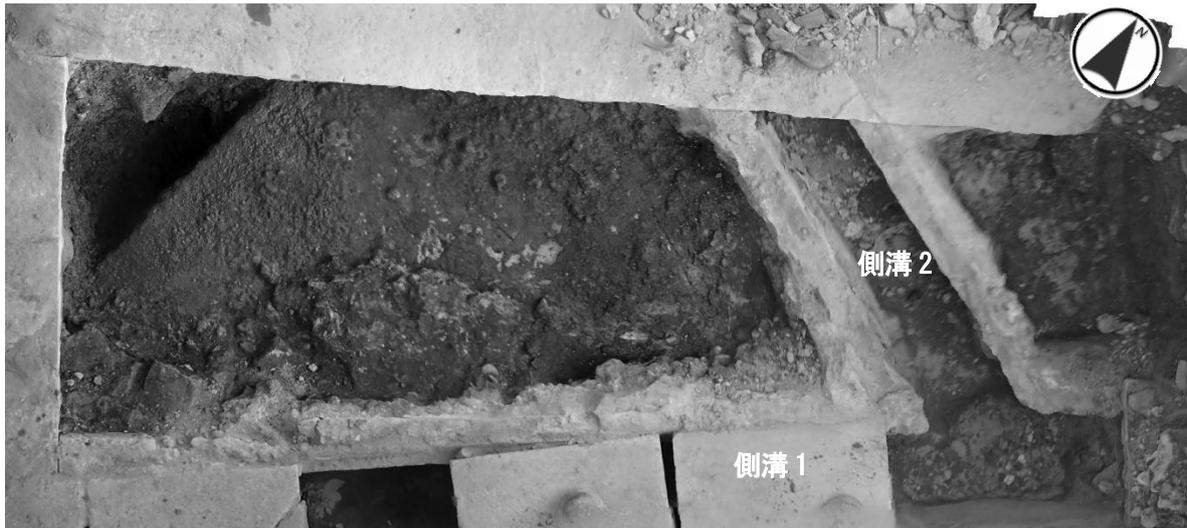


写真 2-4-88 試掘箇所② 南より



写真 2-4-89 試掘箇所②鉄管・2層確認状況 南より



写真 2-4-90 拡大（鉄管部分）



写真 2-4-91 試掘箇所②側溝 1 側面・2層面 北から



写真 2-4-92 試掘箇所②2層面・土管

なお、側溝 1 及び側溝 2 の深さは、側溝 1 が約 55 cm、側溝 2 は約 50 cm であるが、底面の高さは標高約 8.4m 付近ではほぼ同じであり、底面の高さに天川が張られている（写真 2-4-94）。側溝の底面の高さに天川を張った理由については不明であるが、埋め立てに際し地面と側溝を固める目的に加え、下層（3層）からの水気を遮断すると共に側溝から漏れた水が下層へ浸透することを防ぐためと考えられる。天川である 2 層の下位には埋土と思われる 3 層が堆積していた。3 層は礫を含む砂質土であり下層に行くにつれて水気を含んでいた。砂質土であることに加え、水気を帯びていることから

埋め立て以前から当地に堆積している土を含んでいる可能性が考えられる。



写真 2-4-93 試掘箇所②完掘 南から

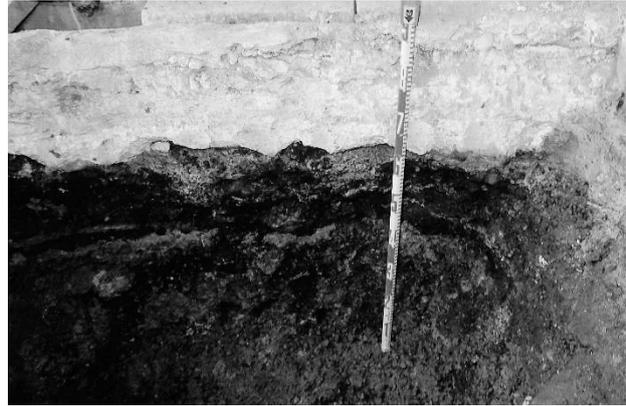


写真 2-4-94 試掘箇所②南壁

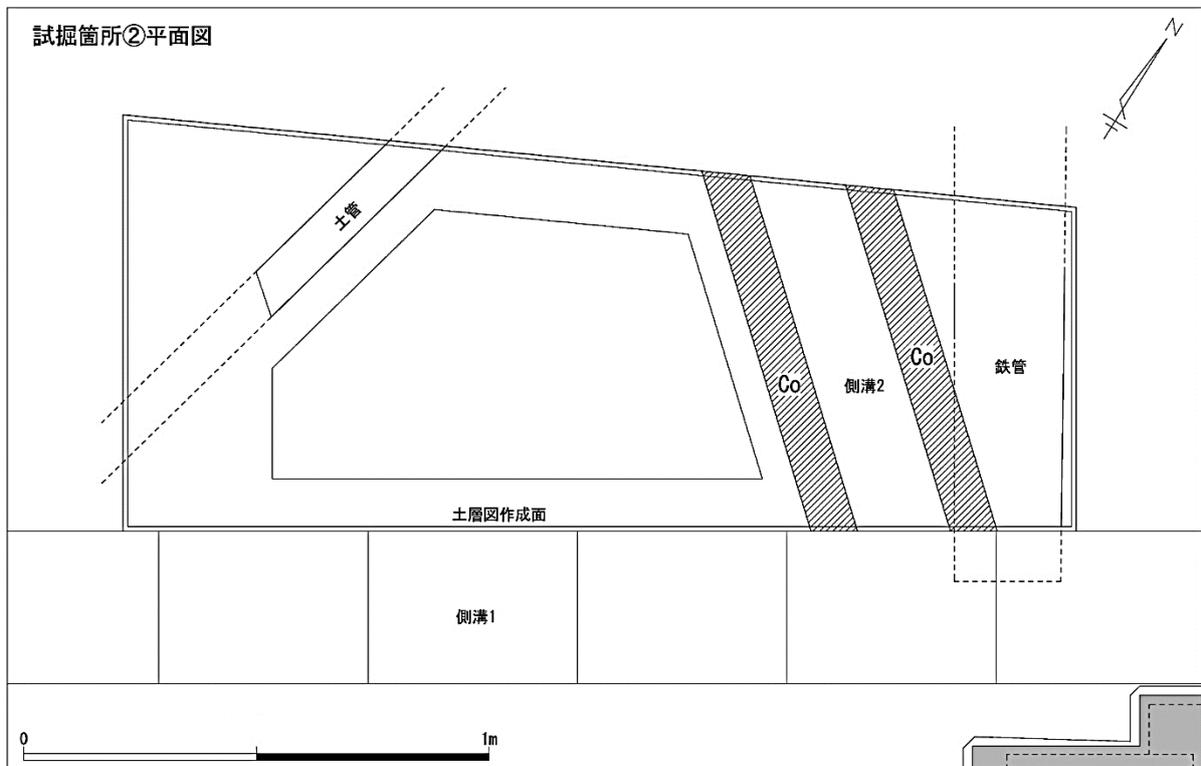
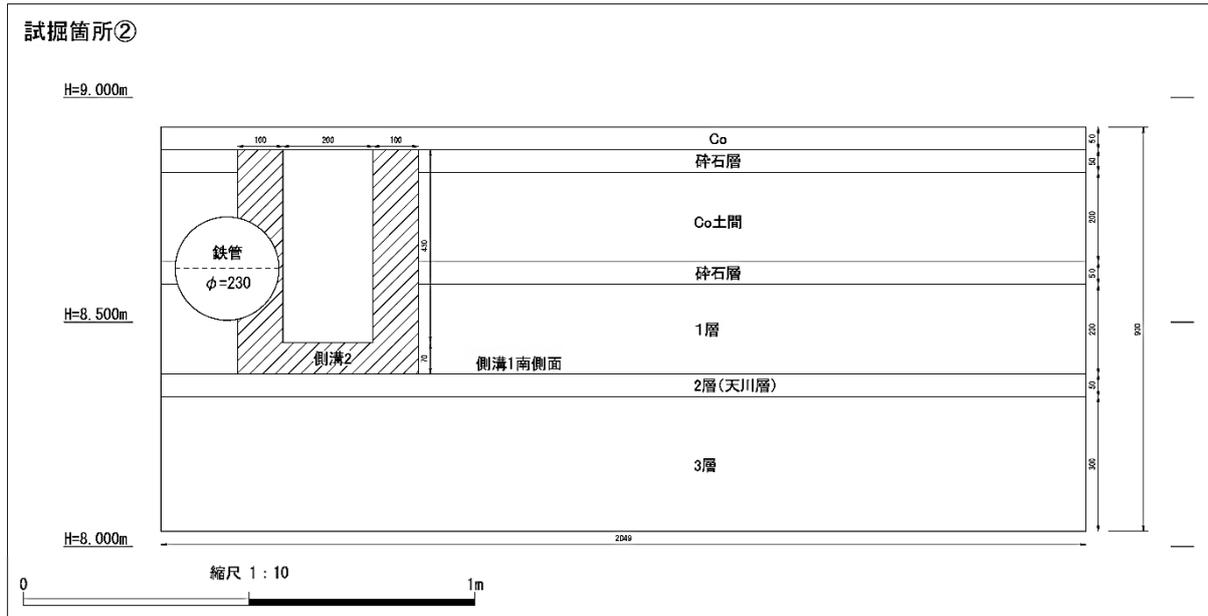


図 2-4-48 試掘箇所②平面図



【土層注記】

- 1層：暗茶褐色混礫土層（Hue2.5YR3/3 暗褐）  
2層（天川土）の上位に体積する土である。5 cmほどの小礫、コンクリート片、石灰片を含む土である。建物を造る際に埋められた土と思われる。  
遺物は確認されない。なお、土質は異なるが試掘箇所①1層とほぼ同じ標高（8.6m）に体積している。
- 2層：暗赤褐色硬質土層（Hue5YR3/4 暗赤褐）  
非常に硬く締まった赤土である。赤土に加え漆喰が含まれていることから三和土（天川）と思われる。埋め立て及び側溝設置にあたり地面を固めるため及び下層からの水気を防ぐために張られたと考えられる。
- 3層：暗褐色混礫砂質土層（Hue5YR4/2 灰褐）  
2層（天川土）の階に体積する土である。10 cmから 15 cmほどの礫を含む砂質土である。下層へ行くほど水気を帯びる。総合事務所周辺を埋めるために搬入された土であるか元々岩礁に体積していた土であるかは不明であるが、砂質土であることから埋め立て前から統治に体積していた土である可能性も考えられる。なお、遺物は確認されなかった。

図 2-4-49 試掘箇所②南壁土層図

⑤まとめ

試掘調査の結果、試掘箇所①は基礎を確認することが出来たが、試掘箇所②は側溝を残す必要があった為、試掘調査を継続出来ず基礎を確認することが出来なかった。なお、試掘箇所②はコア採取により基礎の存在を確認した。試掘箇所①については基礎に損傷はなく、目視による確認ではあるが沈下も見られなかった。また、鉄筋探査を行ったところ、基礎は無筋であった。なお、試掘箇所①、②いずれから地中梁は確認されなかった。

上記の成果に加えて、試掘箇所②については側溝、鉄管、土管、三和土などの地下構造が良好に残存しており、建物の構造を知る上で貴重な情報を得ることが出来た。

## 7) 地盤沈下量測定

煉瓦壁東側に沈下がみられるため煉瓦壁正面の標高を確認するための票を設置し、今後の沈下量の経年変化の基準として設定することを目的とする。

### ⑦-1 調査方法

オートレベルを用い煉瓦壁正面4箇所に設置した票及び煉瓦上3箇所の標高を測定した。測定には端島南沿岸に設置されている3級基準点No.4（標高10.652m）を使用し、波害や護岸崩壊などの基準点消失に備えて内陸側に補助基準点としてTP（標高8.877m）を観測した。

### ⑦-2 調査結果

測定日：平成27年12月7日

水準測定表	
測点	標高
No.1	8.883
No.2	8.874
No.3	8.889
No.4	8.830
No.5	9.286
No.6	9.302
No.7	9.232

8) 考察

①現状

①-1 損傷状況

総合事務所

2階外壁及び庇、倉庫内の内壁面及び2階スラブ上裏面、1階柱及び梁の一部はモルタルが剥離している部分が多数あり、モルタルが剥離していない部分も多くは浮いている状態である。浮きの発生要因は温度変化によりモルタルが収縮し、そこに水の浸入があったことが考えられる。

煉瓦壁の背面に位置するC(南)面内壁の南東側の一部(写真 2-4-95)は、鉄筋コンクリート壁が無く直接煉瓦壁の背面側にモルタル塗りとなっており、煉瓦壁第4アーチの亀裂に沿って仕上げモルタルに亀裂が生じている他、浮きや剥落が認められる。

亀裂は全体に発生しており、亀裂幅は1.0mm以下のものが多いものの、5.0mm以上の亀裂や破損しかけている部分もみられる。A(北)面外壁(写真 2-4-96)のようなモルタルの亀甲状の亀裂は温度変化でおこる伸縮によるひび割れと考えられる。この亀甲状の亀裂は特に1階倉庫内の柱、梁、壁及び2階スラブに多く認められる。1階C通り2柱(写真 2-4-97)のような柱の上下方向へ発生している亀裂は主筋に沿って発生しており、主筋の膨張に起因するものと考えられる。その他の亀裂は温度変化によるモルタルの収縮が原因だと考えられる。

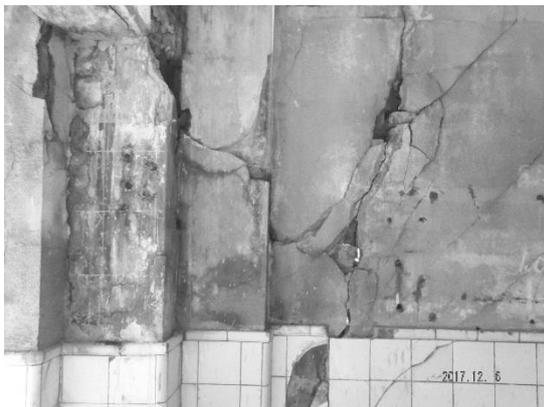


写真 2-4-95 亀裂、剥離 C(南)面内壁



写真 2-4-96 A(北)面外壁



写真 2-4-97 亀裂 1階C通り2柱

1階の柱及び2階梁には、数カ所爆裂している部分も見られ1階A通り2柱（写真 2-4-98）や1階B通り1柱（写真 2-4-99）のように爆裂後に内部鉄筋が腐食した部分もみられる。梁は2階梁 2G1Aa（写真 2-4-100）や2階梁 2G3A（写真 2-4-101）のように下端筋下部が爆裂により剥落し、下端筋が腐食により断面欠損している箇所が認められる。鉄筋の腐食及び欠損は建物の耐久性に大きく影響することから、これらの損傷部では補修の緊急性が求められる。その他、錆汁が発生している箇所もあり、内部が爆裂しているという状況は十分に考えられる。爆裂の発生要因は立地からも推測されるように塩害、倉庫内部については当時の使用環境による影響が考えられる。

2階は建築当初は木造の屋根がかかっており、内部の仕上げは煉瓦壁表面にモルタル塗りもしくはタイル貼り仕上げとなっていたが、木造屋根の倒壊により現在は外部に露出した構造となっている。壁には全体的に多くの亀裂が生じており、その多くが2.0mm以上の大きな亀裂である。発生要因としては他部同様に温度変化によるモルタルの収縮と考えられるが、亀裂幅が大きいのは他部よりも直射日光を多く浴び、大きな温度変化から伸縮が激しいことと、下地が煉瓦壁であるためと推測される。

2階の庇は全体的に亀裂、爆裂、剥落、腐食が進行しており、庇C通り2柱（写真 2-4-102）のように柱の北面側が全体的に爆裂により断面欠損し、鉄筋の腐食、断面欠損している箇所や柱が完全になくなっている箇所も存在する。また庇自体も（写真 2-4-103）のように上裏面に爆裂が生じている箇所がある。発生要因は他部同様に温度変化によるモルタルの収縮やかぶり不足及び塩害によると考えられる。

水平力に対して抵抗する柱の主筋が欠損していることや、柱の大きな断面欠損があることから構造体としては極めて倒壊の可能性が高い状況である。



写真 2-4-98 爆裂、腐食 1階A通り2柱



写真 2-4-99 爆裂、腐食 1階B通り1柱



写真 2-4-100 爆裂、腐食 2階梁 2G1Aa



写真 2-4-101 亀裂、剥離 2階梁 2G3A



写真 2-4-102 爆裂 庇C通り2柱



写真 2-4-103 爆裂 庇上裏面

## ①-2 試験結果分析

今回の調査ではコンクリート構造物の損傷状態を確認するため、コンクリートについては圧縮強度・静弾性係数試験のほか、劣化原因となる「塩害」や「中性化」の調査、コンクリート内部の鉄筋については腐食度の調査を行った。その他、常時微動測定、風向・風速・温湿度の計測、基礎調査を行った。

コンクリートにおいては梁の圧縮強度が当初設計基準値  $13.5\text{N/mm}^2$  に比べ低く、静弾性係数は柱、梁、スラブにおいて当時の設計基準値より低い数値を示していた。コンクリートの強度については、建築当初の材料調合、もしくは経年劣化による強度低下が考えられる。塩化物イオン含有量は深度が浅いところでは含有量が多く検出され、鉄筋位置において腐食発錆限界濃度を超える値を示しており、鉄筋の腐食も確認された。中性化深度においては、殆ど中性化していない状況であった。

本建物のコンクリート躯体及び鉄筋については、爆裂等が生じていない部分についても部分的なコンクリートの劣化や鉄筋の腐食の進行が推測される。

常時微動測定は、遺構の固有振動数は  $20\text{Hz}\sim 30\text{Hz}$  であり、一般的な地震の卓越振動数領域が  $1\text{Hz}\sim 3\text{Hz}$  であることから、地震による大きな共振現象は起こらないと推察される。

風向・風速・温湿度の計測は、午前は平均風速  $2.0\text{m/s}$  未満、午後は  $1.0\text{m/s}$  未満を示し平穏な傾向

であった。風向は午後からは概ね南東～南西方向で安定していた。温湿度測定結果は、平均気温が 20.3℃、平均相対湿度が 62.9%RH であり温湿度共に安定した推移であった。

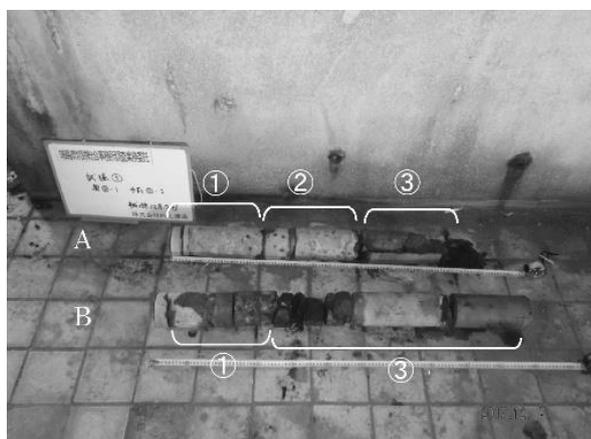
### ①-3 基礎の状況の把握

今回調査では、総合事務所の基礎及び基礎梁の状況について把握するために、基礎の試掘調査を行った。煉瓦壁に近接している試掘箇所②（A通り 3 柱下部）については、埋設された側溝があり、基礎フーチングの形状は把握できなかったが、柱の根元部分（A部分）（写真 2-4-104）と地中梁があると想定される（B部分）（写真 2-4-105）で鉛直方向にコアを採取した結果、（写真 2-4-105）に示すように A 部分、B 部分とも表層に約 350mm の無筋コンクリートのコンクリート層があり、B 部分ではその下部に煉瓦壁の基礎と考えられる煉瓦及び基礎石、A 部分では基礎フーチングと思われるコンクリート層が約 250mm その下部に煉瓦壁の基礎と考えられる基礎石が確認された。試掘箇所①についても同様に約 350mm の無筋コンクリートのコンクリート層があり、無筋の厚さ約 400mm の独立フーチング基礎が確認された。想定断面図を（図 2-4-50）に示す。

以上の結果より、基礎形式は無筋の独立フーチング基礎と推測され、煉瓦壁と接続する箇所の柱下部の基礎は先に存在した煉瓦壁基礎を残したままその上部に基礎フーチングを施工してあると推測される。また、基礎梁はコアボーリングの結果、鉄筋探査の結果から存在しないことが判明した。



写真 2-4-104 コアボーリング箇所 A通り 3 柱



- ① 土間スラブ 350mm
- ② 基礎フーチング
- ③ 煉瓦壁基礎

写真 2-4-105 採取コア断面写真

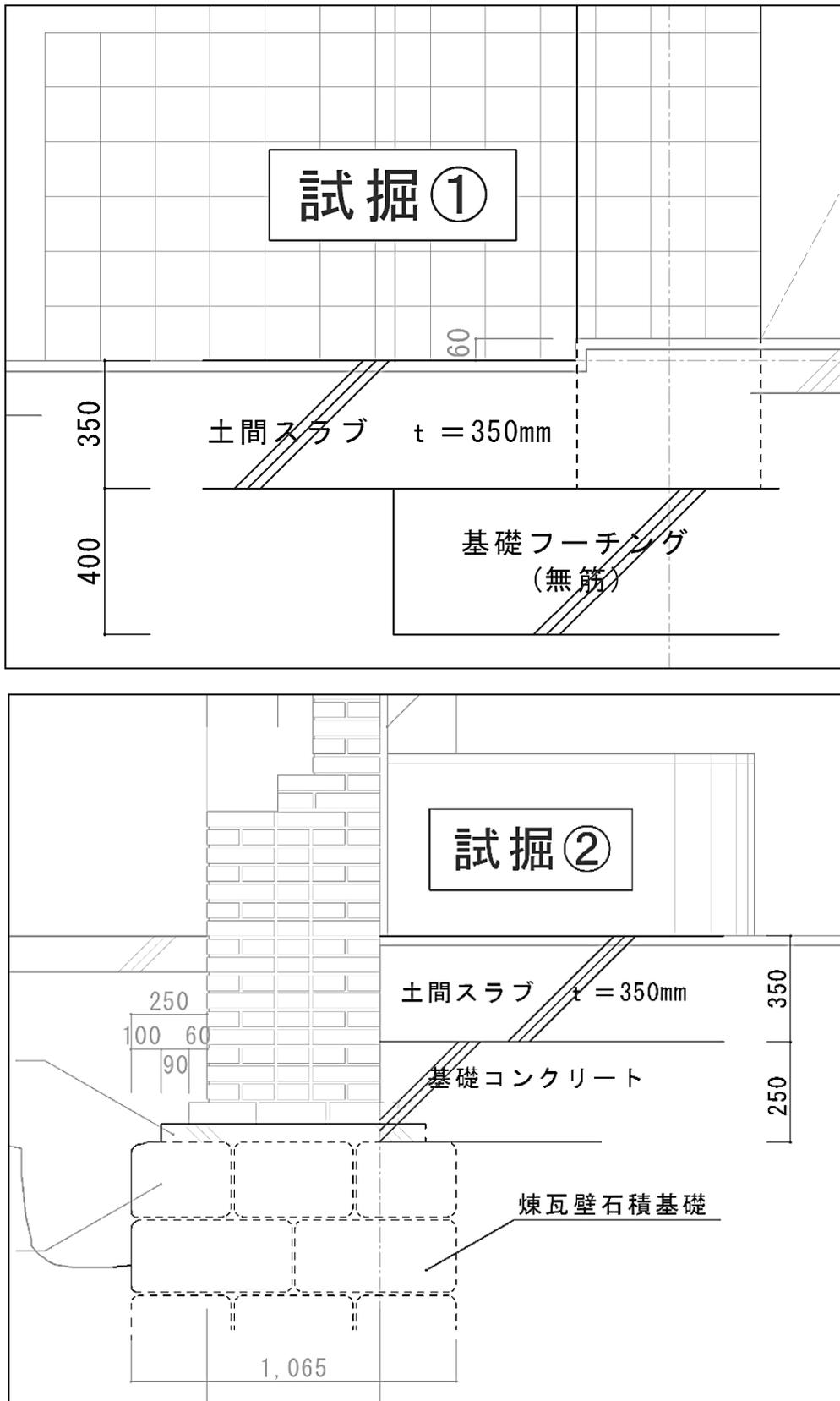


図 2-4-50 基礎試掘位置の想定断面図

①-4 煉瓦壁と総合事務所の接合状況

目視調査の結果、総合事務所の建物は基本的に煉瓦壁建物が建った後に煉瓦壁構造体はそのまま残して、煉瓦壁とクリアランスを設けず完全に接した状態で施工されたと推測される。

基礎については、煉瓦壁基礎はそのまま残した状態で施工されており、総合事務所の荷重も一部煉瓦壁基礎が負担している状態である。

また、総合事務所の(図 2-4-51) 示す小梁は、(図 2-4-52)・(写真 2-4-106) に示すように煉瓦壁第4アーチ上部に直接載せてある状態であり、アーチ上部に負担がかかっている状況である。

この小梁が受けるスラブは、目視調査の結果後から新設若しくは打ち直しを行った形跡があり、アーチ上部に架かる小梁もその際に増設する形で設けられたと考えられる。

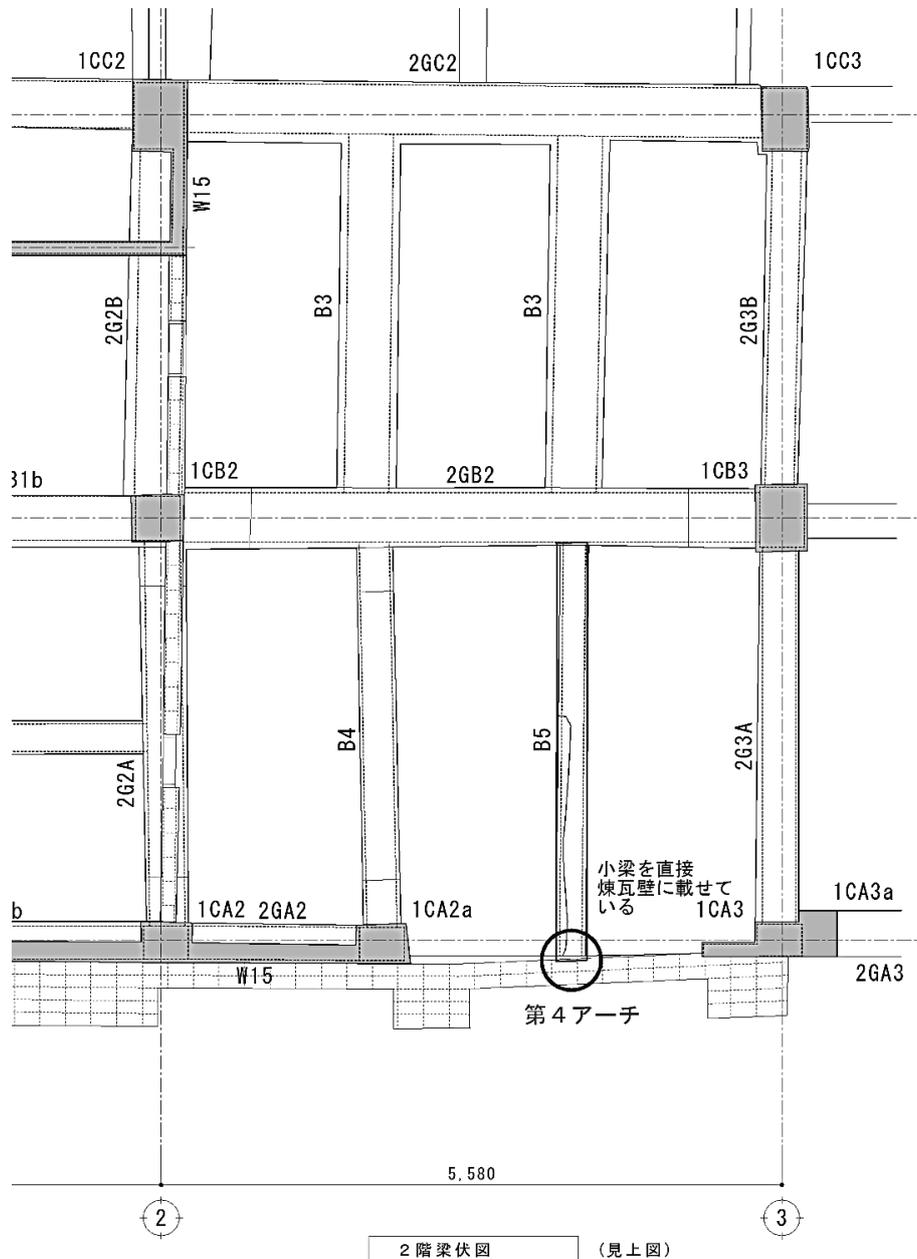


図 2-4-51 2階梁伏図

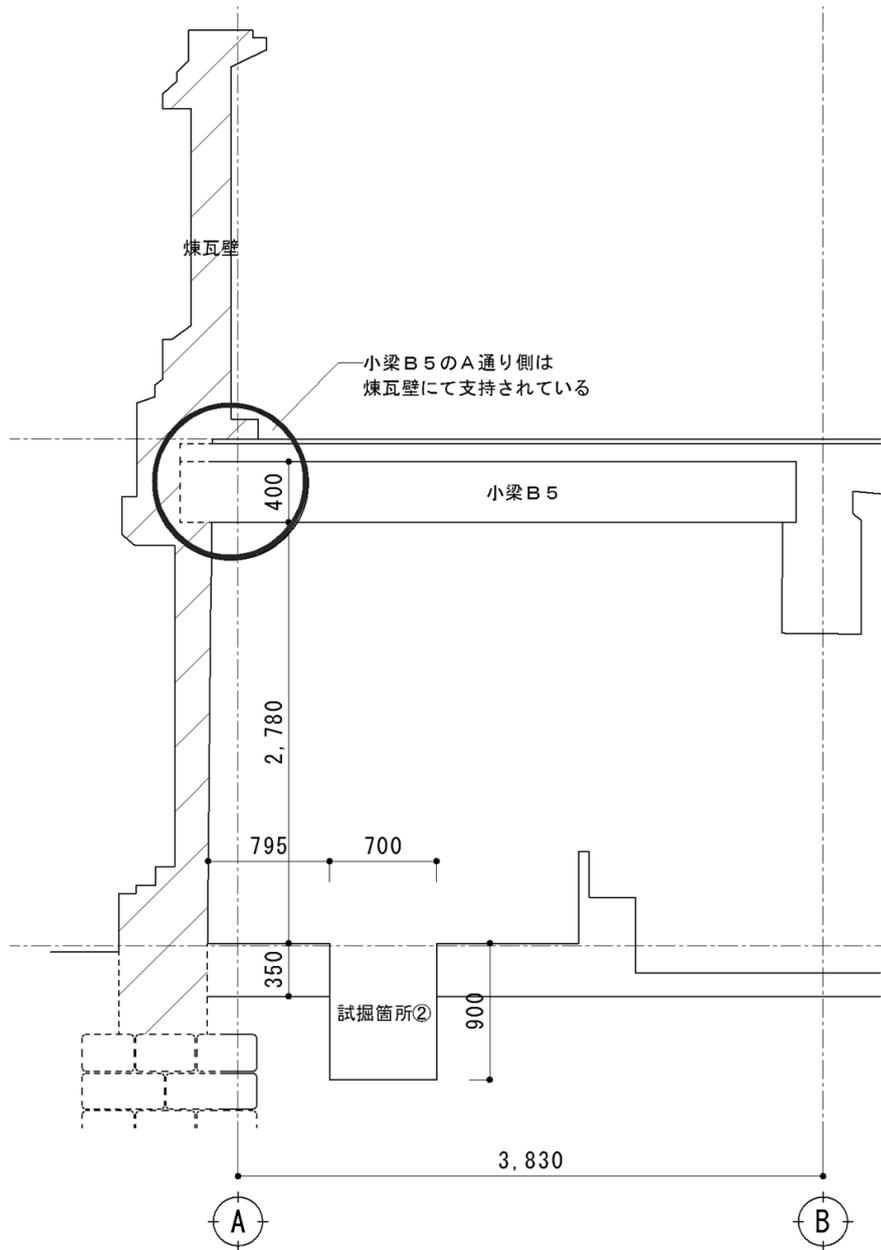


図 2-4-52 小梁とアーチの関係図



写真 2-4-106 小梁 B5 と煉瓦壁の接合状況

①-5 現在の損傷状態と課題

1. コンクリート強度は部分的に低い箇所があることや、鉄筋位置での塩化物イオン含有量が腐食発錆限界濃度を超える値を示している箇所もあることから爆裂等が生じていない部分についても部分的なコンクリートの劣化が考えられる。内部鉄筋も腐食している箇所があり、柱及び梁の一部ではコンクリート及び鉄筋が断面欠損している箇所もある。損傷図で示すように、爆裂部分の周りは浮いて剥落の危険性がある部分も確認されるため、剥落を回避する措置が必要である。
2. 2階の庇は全体的に亀裂、爆裂、剥落、腐食が進行しており、柱の北面側が全体的に爆裂により断面欠損し、鉄筋の腐食、断面欠損している箇所や柱が完全になくなっている箇所も存在する。庇の崩落により、総合事務所躯体への損傷が懸念されるため、補修もしくは倒壊時における下部躯体への損傷を回避する措置が必要である。
3. 煉瓦壁に接する総合事務所側の柱及び壁の基礎は、煉瓦壁の石積み基礎上部に施工されているため、煉瓦壁基礎には必要以上の負担がかかっている可能性が高い。特にC通り3柱については総合事務所柱の基礎、さらに3通りより東側に増築する際に設けたと考えられる隣接柱の荷重がかかっており、これが煉瓦壁東側の沈下の要因になっていると考えられる。しかしながら、総合事務所側の土間スラブについては沈下も確認されないため、脆弱な地盤に起因するものではなく構造的な不均衡が原因と考えられる。
4. 煉瓦壁第4アーチ下部には（写真 2-4-107）に示すように大きな亀裂が生じている。この亀裂は、アーチクラウン自体に沈下や変形がみられないことや亀裂面での目地レベルの状況から判断すると、中央部の地盤が沈下することで（写真 2-4-107）の白枠で囲んだ範囲が全体的に沈下したことに起因すると考えられる。またアーチクラウン右側の柱については写真 2-4-107 の青矢印に示すように外側に開いている傾向もみられる。これは、亀裂発生によりアーチ右側の構造が独立した組積体に近い形となり、そこにアーチ応力が作用したことが原因となっている可能性がある。さらにアーチクラウン下部は、目地の経年劣化に伴い煉瓦の欠損も生じていることから将来的にアーチ自体が倒壊するおそれがある。アーチの崩壊は煉瓦壁自体の倒壊につながる恐れがあるため何らかの対策が必要である。

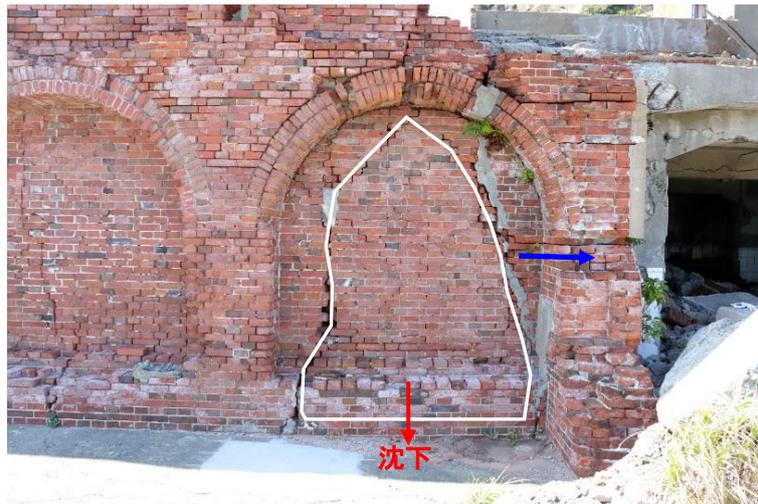


写真 2-4-107 煉瓦壁第 4 アーチの損傷状況

5. 2～3通り間 A-B 通りに架かる小梁 B5 は、直接煉瓦壁第 4 アーチ上部に直接載せてある状態であり、(図 2-4-53) に示すようにアーチ上部に総合事務所の床荷重分の負担がかかっている。4. でも述べた通り、第 4 アーチ側面は外部側に開いている傾向がみられることもあり、今後この荷重によりさらにアーチの変形が進み倒壊する可能性があるため、小梁からの荷重の除去などの対策が必要である。

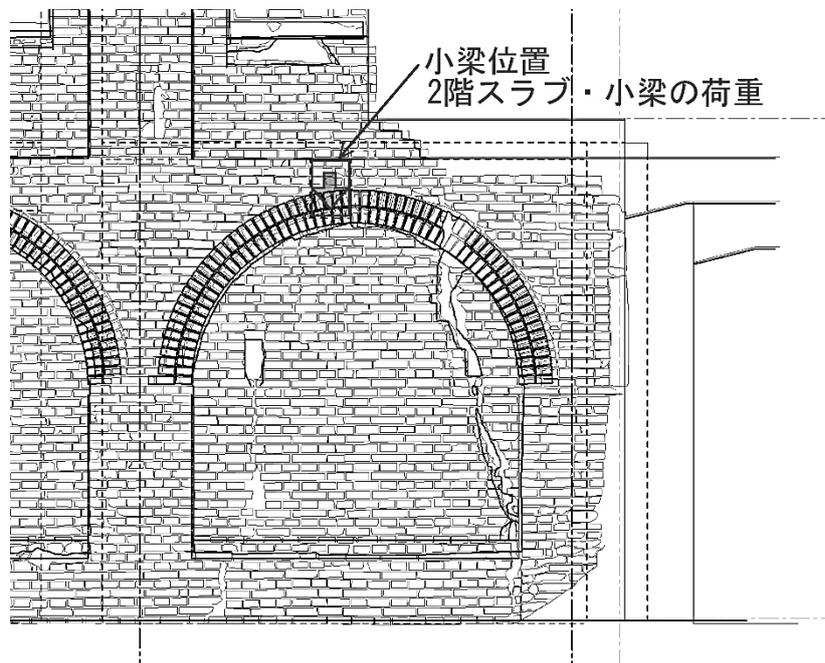


図 2-4-53 煉瓦壁の損傷模式図

6. 総合事務所建物には地中梁が配置されていないため 1 階柱脚の回転剛性は低く、南北方向の水平力に対しては門型のラーメン構造として抵抗すると考えられるが、南北方向の大梁のうち 2 本でコンクリートの断面欠損、鉄筋の欠損が生じている状況であるため、保有水平耐力は小さいと考えられる。

### 9) 煉瓦壁天端の雨水進入状況と対応

煉瓦壁内への雨水進入経路としては、煉瓦壁天端や雨どい、アーチ下部の面台などが考えられるため、目視による調査を行った。

2階天端部分については（写真2-4-108）に示すように目地の劣化により空隙が生じている箇所が多く確認できる。これは、アーチ下部の面台についても同様の状況である。また、西側のつについては（写真2-4-109）に示すように目地が完全に剥離しており端部の煉瓦が一部外れている箇所もある。東側については、（写真2-4-110）に示すように第4アーチ上部の煉瓦の損傷が著しく大きな亀裂が生じているため、雨水が進入している可能性は高い。モルタル製の雨どいについては、劣化は進行しておらず補修は必要ない状況である。

今回の調査では、煉瓦壁内部まで雨水が進入しているかの確認はできなかったが、天端の目地の劣化が著しいことから、雨水の進入は十分考えられるため目地および大きなクラック箇所の補修を行い防水対策を施す必要がある。



写真 2-4-108 煉瓦壁天端の状況



写真 2-4-109 煉瓦壁西側の状況

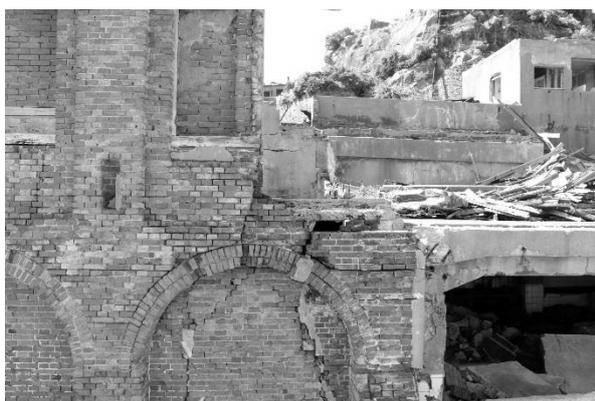


写真 2-4-110 煉瓦壁東側の状況

