



JAEA-Technology

2026-002

DOI:10.11484/jaea-technology-2026-002

第1廃棄物処理棟及び焼却処理設備の耐震補強工事

Seismic Reinforcement Work of
the Waste Treatment Facility No. 1 and the Incinerator

森 優和 遠藤 誠之 瀬谷 真南人 保住 真成
須藤 智之

Masakazu MORI, Masayuki ENDO, Manato SEYA, Shinsei HOZUMI
and Tomoyuki SUDO

原子力科学研究所
バックエンド技術部

Department of Decommissioning and Waste Management
Nuclear Science Research Institute

May 2026

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Technology

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。本レポートはクリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際 ライセンスの下に提供されています。本レポートの成果（データを含む）に著作権が発生しない場合でも、同ライセンスと同様の条件で利用してください。（<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>）
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ウェブサイト（<https://www.jaea.go.jp>）より発信されています。本レポートに関しては下記までお問合せください。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
原子力科学研究所 プロモーション・オフィス 科学技術情報課
〒 319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方 2 番地 4
E-mail: ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).
Even if the results of this report (including data) are not copyrighted, they must be used under the same terms and conditions as CC-BY.
For inquiries regarding this report, please contact Library, Institutional Repository and INIS Section, Promotion Office, Nuclear Science Research Institute, Japan Atomic Energy Agency.
2-4 Shirakata, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195, Japan
E-mail: ird-support@jaea.go.jp

第 1 廃棄物処理棟及び焼却処理設備の耐震補強工事

日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所
バックエンド技術部

森 優和、遠藤 誠之、瀬谷 真南人、保住 真成、須藤 智之

(2026 年 1 月 23 日受理)

原子力科学研究所放射性廃棄物処理場は、原子炉施設、核燃料物質使用施設等の許可を有する施設であり、複数の施設で構成されている。そのうち第 1 廃棄物処理棟には、可燃性固体廃棄物を焼却処理するための焼却処理設備を設置している。

平成 25 年 12 月 18 日に試験研究用原子炉施設に対する新規制基準が施行された。放射性廃棄物処理場は、原子力科学研究所の試験研究用原子炉施設の共通の廃棄施設であるため、新規制基準へのバックフィットが要求され、原子力規制委員会の適合性確認を受ける必要が生じた。このため、放射性廃棄物処理場の各施設・設備について最新の知見に基づく耐震評価を行ったところ、一部の施設で耐震補強が必要であることを確認した。従って、耐震補強工事を 2018 年 4 月から 2019 年 3 月にかけて実施した。

本報では、放射性廃棄物処理場の新規制基準対応のうち、第 1 廃棄物処理棟及び焼却処理設備の耐震補強工事について報告する。

JAEA-Technology 2026-002

Seismic Reinforcement Work of the Waste Treatment Facility No. 1 and the Incinerator

Masakazu MORI, Masayuki ENDO, Manato SEYA, Shinsei HOZUMI and
Tomoyuki SUDO

Department of Decommissioning and Waste Management
Nuclear Science Research Institute
Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received January 23, 2026)

The Waste Treatment Facility No. 1 is equipped with an incinerator for the treatment of radioactive combustible solid waste generated from facilities at the Nuclear Science Research Institute.

To obtain conformity confirmation with the New Regulatory Requirements, seismic evaluations were conducted on the facility's building and its incineration equipment. As a result, neither the building nor the equipment satisfied the required seismic standards. Therefore, seismic reinforcement work for the building and equipment was carried out from April 2018 to March 2019.

This report outlines the results of seismic evaluation and design, as well as the construction process and safety management during the seismic reinforcement work.

Keyword: Seismic Reinforcement Work, Waste Treatment Facility No. 1

目 次

1. はじめに	1
2. 第1廃棄物処理棟の概要	1
3. 新規制基準への対応	1
4. 耐震評価	2
4.1 第1廃棄物処理棟の耐震評価	2
4.2 焼却処理設備の耐震評価	3
5. 耐震補強設計	4
6. 設工認申請	4
7. 耐震補強工事	5
7.1 全体工程及び体制	5
7.2 第1廃棄物処理棟	5
7.2.1 開口閉塞	5
7.2.2 場所打ちコンクリート杭の新設	6
7.2.3 耐震スリットの新設	8
7.3 焼却処理設備	8
7.3.1 焼却炉取付ボルトの更新	8
7.3.2 架台取付ボルトの引張強度評価	9
8. 工事の安全対策及び放射線管理	9
8.1 安全対策	9
8.2 放射線管理	11
9. 事業者検査及び使用前検査	11
9.1 事業者検査	11
9.2 使用前検査	12
10. まとめ	12
謝辞	12
参考文献	13

Contents

1. INTRODUCTION	1
2. OUTLINE OF THE WASTE TREATMENT FACILITY NO. 1	1
3. EFFORTS TO COMPLY WITH THE NEW REGULATORY REQUIREMENTS	1
4. SEISMIC EVALUATION	2
4.1 WASTE TREATMENT FACILITY NO. 1	2
4.2 INCINERATOR IN THE WASTE TREATMENT FACILITY NO. 1	3
5. SEISMIC REINFORCEMENT DESIGN	4
6. APPLICATION FOR APPROVAL OF THE DESIGN AND CONSTRUCTION PLAN	4
7. SEISMIC REINFORCEMENT WORK	5
7.1 CONSTRUCTION WORK SYSTEM AND OVERALL SCHEDULE	5
7.2 WASTE TREATMENT FACILITY NO. 1 BUILDING	5
7.2.1 INFILLING OF OPENINGS FOR SEISMIC STRENGTHENING	5
7.2.2 INSTALLATION OF CAST-IN-PLACE CONCRETE PILES	6
7.2.3 INSTALLATION OF EARTHQUAKE-RESISTANT SLITS	8
7.3 INCINERATOR	8
7.3.1 REPLACEMENT OF INCINERATOR MOUNTING BOLTS	8
7.3.2 EVALUATION OF TENSILE STRENGTH OF FRAME MOUNTING BOLTS	9
8. CONSTRUCTION SAFETY MEASURES AND RADIATION MANAGEMENT	9
8.1 SAFETY MEASURES	9
8.2 RADIATION MANAGEMENT	11
9. INSPECTION	11
9.1 SELF-INSPECTION	11
9.2 INSPECTION BY THE NUCLEAR REGULATION AUTHORITY	12
10. SUMMARY	12
ACKNOWLEDGEMENT	12
REFERENCES	13

図表リスト

表 1	第 1 廃棄物処理棟建家及び焼却処理設備の耐震補強工事の全体工程	14
表 2	開口閉塞に係る材料の仕様	15
表 3	鉄筋の継手長さ	15
表 4	鉄筋の定着長さ	15
表 5	鉄筋に対するコンクリートのかぶり厚さ	15
表 6	場所打ちコンクリート杭及び基礎部の材料の仕様	16
表 7	耐震スリットの仕様	16
表 8	耐火材の仕様	16
表 9	ボルトの仕様	17
表 10	事業者検査項目一覧（開口閉塞）	17
表 11	事業者検査項目一覧（場所打ちコンクリート杭の新設）	18
表 12	事業者検査項目一覧（耐震スリットの新設）	18
表 13	事業者検査項目一覧（焼却処理設備）	18
図 1	第 1 廃棄物処理棟及び焼却炉の外観	19
図 2	作業管理体制	20
図 3	開口閉塞の施工位置（平面図）	21
図 4	開口閉塞の施工位置（立面図）	22
図 5	開口閉塞の施工フロー	23
図 6	開口閉塞の施工状況	24
図 7	場所打ちコンクリート杭の施工位置	25
図 8	場所打ちコンクリート杭の施工フロー	26
図 9	場所打ちコンクリート杭の施工状況	27
図 10	耐震スリットの施工位置（平面図）	28
図 11	耐震スリットの施工位置（立面図）	29
図 12	耐震スリットの施工フロー	30
図 13	耐震スリットの施工状況	31
図 14	取付ボルトの位置	32
図 15	架台取付ボルトの硬度測定状況	33

This is a blank page.

1. はじめに

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災及び福島第一原子力発電所の事故を受け、平成 25 年 12 月 18 日に試験研究用原子炉施設に対する新規制基準が施行された。放射性廃棄物処理場（以下「廃棄物処理場」という。）は、原子力科学研究所（以下「原科研」という。）の原子炉施設の共通の廃棄施設であることからバックフィットが求められ、原子力規制委員会の適合性確認を受ける必要が生じた。

新規制基準の要求事項のうち、耐震性能を確認するため、廃棄物処理場の第 1 廃棄物処理棟及び焼却処理設備について、最新の知見に基づく耐震評価を行ったところ、一部の部材で許容応力度を満足しないことを確認した。このため、耐震補強工事を行うこととし、設計及び工事の方法（以下「設工認」という。）を平成 30 年 3 月 12 日付で申請し、平成 31 年 4 月 8 日に認可を取得した。その後、令和元年 5 月から令和 2 年 3 月にかけて耐震補強工事を実施した。

2. 第 1 廃棄物処理棟の概要

第 1 廃棄物処理棟及び焼却処理設備は、昭和 52 年 3 月に原子炉設置変更許可申請を行い、同年 6 月に許可を取得した。同年 12 月に設工認の認可申請を行い、翌年 2 月に認可を取得した。

第 1 廃棄物処理棟は、昭和 54 年に建設された地下 1 階、地上 2 階の鉄筋コンクリート造の建家であり、内部に焼却処理設備を設置している。焼却処理設備は、昭和 54 年に設置され、主に原科研内から発生する紙、布、木片、酢酸ビニール、ゴム手袋等の可燃性固体廃棄物の焼却処理を行っている。対象とする廃棄物の放射能レベルは、容器表面の線量当量率が 2.0 mSv/h 未満である。処理能力は、約 50 kg/h であり、年間処理量は、20 L カートンボックス（紙バケツ）で 10,000 個程度である。第 1 廃棄物処理棟及び焼却処理設備の焼却炉の外観を図 1 に示す。

3. 新規制基準への対応

新規制基準への対応は、原子力規制委員会が定めた「核燃料施設等における新規制基準の適用の考え方」¹⁾（平成 25 年 11 月 6 日）に基づき行うこととした。一方で、焼却処理設備は、原子炉施設の維持管理を行う上で必要な設備であり、運転を停止すると可燃性固体廃棄物を保管廃棄する必要が生じ、保管廃棄施設の保管余裕量を逼迫させるおそれがあった。このため、必要な安全対策を講じた上で運転を継続する方針とした。

平成 27 年 2 月 6 日に原子炉設置変更許可申請を行い、平成 30 年 10 月 17 日に許可を取得した。この申請において、安全機能の重要度分類の妥当性評価を行った結果、第 1 廃棄物処理棟及び焼却処理設備については、事故発生時の公衆被ばくへの影響が十分に小さいことが確認されたため、耐震クラスを建設時の B クラスから C クラスへ変更した。

一方、平成 27 年度に実施した耐震評価（耐震 C クラス評価）において、一部評価項目で基準を満足しないことを確認したため、平成 27 年 11 月 19 日に焼却処理設備の運転を自主的に停止した。

4. 耐震評価

4.1 第1廃棄物処理棟の耐震評価

建設当初は、建築基準法に基づいて設計し、原則として剛構造とする耐震設計方針であった。耐震クラスはBクラスとし、設計震度は水平方向に0.3であった。当時、準拠した主な法令・規格及び基準を以下に示す。

- ・核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律
- ・建築基準法及び施行令、告示
- ・建築基準構造設計規準（日本建築学会）
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準（日本建築学会）
- ・鋼構造設計規準（日本建築学会）
- ・日本工業規格
- ・クレーン等安全規則

平成27年度に実施した耐震評価では、耐震Cクラスとして評価を実施した。準拠した主な法令・規格及び基準並びに使用した計算プログラムを以下に示す。

- ・官庁施設の総合耐震診断・改修基準及び同解説（国土交通省監修）
- ・官庁施設の総合耐震計画基準及び同解説（国土交通省監修）
- ・原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008
- ・建築基準法及び施行令、告示
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（日本建築学会）
- ・各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会）
- ・建築基礎構造設計指針（日本建築学会）
- ・煙突構造設計指針（日本建築学会）
- ・既存鉄筋コンクリート造煙突の耐震診断指針・同解説（日本建築防災協会）
- ・壁式鉄筋コンクリート造設計施工指針（日本建築センター）
- ・一貫構造計算プログラム「Super Build® SS3-RC ver1.1.1.35」（ユニオンシステム株式会社）
- ・基礎構造計算プログラム「Super Build® BF1 ver3.29」（ユニオンシステム株式会社）

耐震評価は、上部構造、基礎構造及び排気筒に対し、許容応力度及び保有水平耐力について行った。その結果、上部構造及び基礎構造の許容応力度の一部がNGとなった。

この主な要因として、上部構造と基礎構造における許容応力度の計算方法の違いがあげられる。上部構造については、建設当時は柱・梁の剛度増大率を3種類の係数（両側壁あり：2.0、片側壁あり：1.5、壁なし：1.0）を用いて評価していたのに対し、今回は壁の形状に応じて精密に評価する方法とした。一方、基礎構造については、当時の設計では水平力に対する検討を行っておらず（当時としては一般的）、使用している杭の耐力が相対的に小さくなっていた。

4.2 焼却処理設備の耐震評価

建設当初は、日本工業規格などの規格に準じて設計し、原則として剛構造とする耐震設計方針であった。耐震クラスは、主たる内装設備（焼却炉や排気除塵装置などの放射性物質を内包する主要機器）はBクラスとし、設計震度は水平方向に0.36であった。また、機器及び配管系の許容応力と荷重の組み合わせは、通常運転時の荷重と地震力によって生じる一次応力の和に対し、原則として材料の降伏点を許容応力としていた。当時、準拠した主な法令・規格及び基準を以下に示す。

- ・核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律
- ・建築基準法施行令
- ・鋼構造設計規準（日本建築学会）
- ・石油学会規格（JPI-7R-35-73）
- ・日本工業規格

今回、耐震Cクラスで評価した結果、焼却炉のラグと架台を固定するボルト（以下「焼却炉取付ボルト」という。）の引張応力が許容応力を超える結果となった。準拠した主な法令・規格及び基準並びに使用した計算プログラムを以下に示す。

- ・核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律
- ・試験研究の用に供する原子炉等の位置、構造及び設備の基準に関する規則
- ・発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（平成18年9月19日、原子力安全委員会決定）
- ・「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」等の改訂に伴う既設発電用原子炉施設等の耐震安全性の評価等の実施について（平成18年9月20日、経済産業省 原子力安全・保安院）
- ・発電用原子力設備規格「設計・建設規格 2012年版（2013年追補版含む）（JSME S NC1-2012/2013）」（日本機械学会）
- ・発電用原子力設備規格「材料規格 2012年版（2013年追補版含む）（JSME S NJ1-2012/2013）」（日本機械学会）
- ・「原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC4601-2008）」（日本電気協会）
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1987）」（日本電気協会）
- ・「鋼構造設計基準」（日本建築学会）
- ・3次元架構モデルの骨組構造解析・設計支援ソフト「STAAD.Pro」（株式会社ベントレー・システムズ）

5. 耐震補強設計

耐震評価結果を受けて、建設部から耐震改修計画案が以下の通り示された。

(1) 第1廃棄物処理棟

- ・ RC 部材及び柱梁接合部の耐力の確保、建物の偏芯の改善を目的として、耐震スリットを計 19 箇所（1 階：7 箇所、2 階：12 箇所）設置する。
- ・ 柱梁接合部の耐力及び保有水平耐力の確保を目的として、開口閉塞を計 2 箇所（1 階：2 箇所、2 階：0 箇所）行う。
- ・ 短期許容耐力（地震時曲げ、せん断）を満足させるため、建物外周部の場所打ち杭（4 本）及びフーチング・基礎梁を設置する。
- ・ 杭基礎の圧壊対策のため、建物の北側及び東側に PHC 杭（2 本）を新設する。

(2) 焼却処理設備

焼却炉取付ボルトについて許容応力を満足させるため、ボルトのサイズを M24 から M30 に変更する。

上記の計画案をもとに、耐震改修に要する期間、費用、焼却処理設備の早期運転再開を考慮し、建設部と協議を重ね、以下の耐震改修計画となった。

- ・ 開口閉塞を計 8 箇所（1 階：4 箇所、2 階：4 箇所）行う。
- ・ 建物外周部に杭基礎（2 箇所）を設置する。
- ・ 耐震スリットを計 9 箇所（1 階：7 箇所、2 階：2 箇所）設置する。
- ・ 焼却炉取付ボルトを M24 から M30 に変更する。

6. 設工認申請

廃棄物処理場は複数の施設・設備を有していることから、許可取得後速やかに工事等を進めるため、設工認を複数回に分けて申請することとした。このうち、第1廃棄物処理棟の耐震補強に係る設工認は、第2回として平成30年3月12日に申請した。申請内容は次のとおりである。

- ・ 開口閉塞（建家）
- ・ 杭基礎の新設（建家）
- ・ 耐震スリットの新設（建家）
- ・ 焼却炉取付ボルトを M24 から M30 に交換（焼却処理設備）

その後、審査を受けて以下の内容を追加するため、平成30年12月4日に補正、平成31年3月12日に再補正を行い、同年4月8日に認可を取得した。

- ・ 材料検査、構造検査、寸法検査等の追加（建家）
- ・ 上記に伴う設計仕様の詳細化及び図面の追加（建家）
- ・ 焼却炉架台と建家床を固定する既設のボルト（以下「架台取付ボルト」という。）の非破壊検査による強度測定の実施の追加（焼却処理設備）

7. 耐震補強工事

7.1 全体工程及び体制

耐震補強工事は平成 31 年 4 月から令和 2 年 3 月にかけて実施した。第 1 廃棄物処理棟建家は、バックエンド技術部放射性廃棄物管理第 1 課を工事担当課とし、建設部耐震改修室が技術支援を行う体制とした。また、焼却処理設備については、放射性廃棄物管理第 1 課が担当した。全体工程を表 1 に、作業管理体制を図 2 にそれぞれ示す。

7.2 第 1 廃棄物処理棟

7.2.1 開口閉塞

柱梁接合部の耐力及び保有水平耐力の確保を目的として、開口部（窓、扉）8 箇所を閉塞した。施工位置を図 3 及び図 4 に、施工フローを図 5 に、施工状況を図 6 に示す。また、材料の仕様を表 2 に示す。

(1) 電磁波レーダー探査（鉄筋、埋設配管探査）

既設窓・扉の撤去に先行し、撤去箇所周辺の埋設配管の有無及び型枠設置の際のアンカー穿孔位置を決定するため、鉄筋探査機（RC レーダー・ハンディサーチ NJJ-200）を用いて、探査作業を行った。

(2) 既設窓・扉の撤去

8 箇所のうち 7 箇所については、管理区域境界に当たるため、窓周辺の躯体を解体する前に、建家内側に鋼製型枠をアンカーで設置し、管理区域境界を維持した。鋼製型枠の設置後、コンクリート漏れ防止のため、鋼製型枠と躯体との隙間にコーキングを充填し、鋼製型枠同士の隙間はテープで目張りした。また、溶接作業を行うことから、火災対策のため防災シートを貼り付けた。その後、建家外からエアチッパーを用いて既設アルミサッシを撤去した。非管理区域の 1 箇所については、居室が近接しているため、粉塵除けの仮設間仕切りを設置してから解体を行った。

(3) 配筋・型枠組立

1 階の東側扉については、閉塞部床面に穿孔し、アンカー筋（あと施工アンカー）を打設した後、壁配筋及びフレア溶接を行った。その他は、窓周辺を解体し露出した既存鉄筋に、新規の鉄筋をフレア溶接により接続した。配筋の際には、表 3 に示す継手長さ、表 4 に示す定着長さを確保した。配筋後に、コンクリート打設のための型枠組立を行った。型枠は、打設後の解体が容易な木製とし、表 5 に示すコンクリートのかぶり厚さを確保できるよう組み立てた。

(4) コンクリート打設

型枠組立後、コンクリートの打設を行った。打設中に JASS 5N に基づき、コンクリート打込み日、打込み工区かつ 150 m³ ごとに圧縮強度試験用の試料を採取し、JIS A 1180「コンクリートの圧縮試験方法」に従って供試体を 3 本ずつ作製した。

(5) 復旧、仕上げ工事

コンクリート打設後に、木製型枠を組み立て、型枠内に無収縮モルタルを充填した。無収

縮モルタル充填の開始直前及び終了直後並びにその中間の計 3 回、圧縮強度用の試料を採取し 1 組とした。試料は、JIS A 1180「コンクリートの圧縮試験方法」に準じて直径 50 mm、高さ 100 mm の円柱とした。木製型枠を外して仕上げを行い、工事完了とした。

7.2.2 場所打ちコンクリート杭の新設

場所打ちコンクリート杭は、短期許容耐力（地震時曲げ、せん断）を満足させるため、建家外周部の 2 箇所（北側、南側）に、1 箇所あたり外径 1,600 mm×長さ 7,000 mm の杭 2 本を地中に設置した。工事は、北側、南側の順に実施した。

準備作業（資機材搬入、配管などの盛替え）を行った後、杭を設置するための掘削、配筋、コンクリート打設による杭の造成を行い、その上部に基礎を造成した。場所打ちコンクリート杭を施工した位置を図 7 に、施工フローを図 8 に、施工状況を図 9 に示す。また、材料の仕様を表 6 に示す。

(1) 準備作業

北側では機械設備配管が、南側では埋設電源、弱電線及び電話ケーブルが工事に干渉するため、これらの盛替えを行った。また、人力ハンドブレイカー及び電動ブレイカーを用いて、コンクリート舗装を撤去した。なお、復旧後の見栄えを考慮し、境界はハンドカッターで切断した。

(2) 場所打ち杭工事

場所打ち杭工事は、掘削、ライナープレート設置（型枠組立）、鉄筋建て込み、コンクリート打設の工程で実施した。各工程の詳細を以下に述べる。

1) 掘削

掘削に先立ち、測量により地上に定めた杭芯を中心として、ライナープレート（土留めのための波板）をφ1,650 mm の円形に設置し、杭芯（杭外径）セットを行った。掘削開始後、ライナープレートを地上に 30 cm 程度出るように配置した。その後、外周に無収縮モルタルを充填し、ライナープレートを固定（以下「裏込め固定」という。）した。また、掘削により発生する残土を運び出すため、孔口に櫓（やぐら）を設置し、ウインチ（ギアモーター）を取り付けた。なお、北側は作業場所が狭隘であったため、残土搬出用のベルトコンベアを設置した。

掘削作業は、人力により 2 本同時に進めた。作業時は、投光器、ヘッドライト等で杭孔内の照度を確保した。発生した残土は、櫓のウインチに取り付けたバケットで引き上げ、ベルトコンベアで搬出した。作業者の昇降には、最上段のライナープレートに固定した梯子を使用した。北側は掘削深度 700 mm～1,000 mm、南側は 500 mm を 1 スパンとして、スパンごとにライナープレートを設置した。このスパンの違いは、北側では 1,000 mm 掘削ごとにライナープレート（H=500 mm）を 2 枚設置していたが、湧水量が予想より多く地山の崩壊等が見られたことから、これを防止するため、南側ではライナープレートの高さに合わせて 500 mm に変更したことによる。

掘削作業中（地表からの深さ約 7.0 m 地点）に両方の杭孔内で地下水が確認された。ポンプで排水しながらライナープレートの設置を試みたが、水量が多く設置できなかった。

このため、後述する止水対策を行った。掘削完了後、杭孔底部の凹凸を平らに削り均した。

2) ライナープレートの設置

杭の型枠として、ライナープレート（1/4 円形）を設置した。櫓のウインチにより吊り降ろしたライナープレートを杭孔外周面に沿って配置し、プレート同士をボルトで連結した。掘削とライナープレートの設置（増設）を繰り返しながら所定の深さ（地表からの深さ北側約 9.2 m、南側約 8.9 m）まで掘削した。また、日々のライナープレート設置作業終了時に、ガス溶断機でグラウト注入用の穴を開け、裏込め固定を行った。

3) 鉄筋建て込み

まず、表 5 に示す杭のかぶり厚さを確保するため、杭孔底部に捨てコンクリートを打設した。次に上下に 2 分割したかご（杭の形状に配筋したもの）の下部側をクレーンにより杭孔内に挿入し、分割したかごの主筋同士の接続（重ね継手）ができる位置で一時固定した。次に上部側のかごを挿入し、表 3 に示す継手長さを確保するよう番線で結束して設置した。その後、表 5 に示す壁側のかぶり厚さを確保するため、かごとライナープレートの間にスペーサーを取り付けた。

なお、南側は施工に干渉する軒材を一時的に撤去し、工事完了後に復旧した。

4) コンクリート打設

鉄筋建て込み完了後、コンクリートポンプ車を用いてコンクリートを打設した。打設時にコンクリートの材料が分離しないよう、ポンプの筒先と打設部の距離は 1,500 mm 以内とした。北側 2 本のうち東側の杭孔は、地下水の流入が完全には止まらなかったため、トレミー工法（水中でコンクリートを打設する手法の一つ）に倣った工法で打設した。打設中は、バイブレータによりコンクリートの締固めを行った。所定の天端（上端）位置までコンクリートを充填した後、表面をコテで平らにならして打設完了とした。

5) 止水対策

① 北側

薬液を注入して地盤ごと固めて止水する方法を採用した。まず、薬液を注入できるように、地下水位より浅い位置まで杭孔を埋め戻した。次に、薬液注入用の車上プラントを西側駐車場へ設置した。その後、設置したライナープレートにガス溶断機で直径約 20 mm のパイプ挿入孔を 8 箇所設けた。パイプ（ ϕ 12 mm）を孔に挿入し、車上プラントのポンプからの送水による水圧で計画深度まで削孔した。続いて、薬液注入用のポンプに繋ぎ変え、パイプを 25 cm ずつ引き抜きながら薬液を注入した。この結果、西側は地下水の流入が完全に停止し、東側も掘削作業が可能な程度まで流入を抑えることができた。

② 南側

北側での経験を踏まえ、掘削前に止水対策を実施した。北側と同様に薬液注入による対策であったが、掘削前だったため、ボーリングにより薬液を注入した。これにより、掘削作業中に地下水の流入は確認されなかった。

(3) 基礎の新設（北側及び南側）

1) 配筋

鉄筋探査機により穿孔位置を確認後、指定の深さ（埋込深さ 242 mm を確保）まで穿孔し、アンカー筋を打設した。アンカー筋打設後、表 3 に示す継手長さ及び表 4 に示す定着長さを確保するよう配筋した。

2) 型枠組立

コンクリート型枠用合板とスペーサーを使用し、表 5 に示すかぶり厚さを確保するよう型枠を組み立てた。

3) コンクリート打設

型枠組立完了後、杭の施工時と同様にコンクリートポンプ車でコンクリートを打設した。その後、後述の検査を実施し、埋め戻して工事完了とした。

7.2.3 耐震スリットの新設

RC 部材及び柱梁接合部の耐力の確保、建物の偏芯の改善を目的として、9 箇所耐震スリットを施工した。耐震スリットの仕様を表 7 に、施工位置を図 10 及び図 11 に、施工フローを図 12 に、施工状況を図 13 に示す。

(1) 埋設物の調査（放射線透過試験）

耐震スリットの削孔に先立ち、施工箇所の既存埋設物の状況を携帯式 X 線装置（ラジオフレックス RF-200SPS）により調査した。

(2) 耐震スリットの削孔

削孔機のダイヤモンドコアドリルの冷却に流水を使用するため、事前に施工場所付近の機器類や配線類を養生した。貫通スリットについては、アンカーで削孔機を壁面に固定し、ダイヤモンドコアドリル（40 φ）を用いて、既設コンクリート壁を貫通するまで削孔した。部分スリットの施工においては、ダイヤモンドコアドリルの 100 mm の箇所にマーキングを行い、過度な削孔及び削孔深さ不足を防止した。削孔作業終了後、ディスクグラインダー等によりスリットの整形を行った。

(3) 耐火材の充填

耐震スリット部へ耐火材（NN ソフトロックウール）を挿入し、耐火目地用シーラントを充填した後、塗装し工事完了とした。耐火材の仕様を表 8 に示す。

7.3 焼却処理設備

7.3.1 焼却炉取付ボルトの更新

許容応力を満足させるため、ボルトのサイズを M24 から M30 に変更する工事を行った。焼却炉のラグの全ての取付ボルト（16 個）を更新した。

ボルトの仕様を表 9 に、更新したボルトの位置を図 14 に示す。

(1) 焼却炉取付ボルトの製作

焼却炉取付ボルトは、設工認申請書に従い、SS400（JIS G 3101）の丸棒から六角ボルト（M30×L140 mm）及び六角ナット（M30）を製作した。なお、製作は新 JIS 認定工場にて

行った。

(2) 焼却炉取付ボルトの更新

1) 準備

取付ボルトの位置は、床面上約 2.4 m の高所であるため、足場を設置した。また、切屑、ドリル油等による汚れの防止のため、作業場所周辺及び足場の下部を養生した。

2) ボルト穴の拡張

既設の取付ボルト (M24) 4 本を取り外した後、取付ボルト穴の拡張作業を行った。取付ボルト穴の拡張作業は、焼却炉ラグ部の長穴部、架台部のボルト穴部の順に行った。長穴部は、ライトボーラーでボルト穴を拡張した後、グラインダーで成形した。ボルト穴部は、ライトボーラーのみで拡張した。

3) ボルトの取付け

ボルト穴の拡張後、トルクレンチを用いて、規定トルク (700 N・m) で新規のナットを締め付けた。なお、緩み防止のためダブルナットとした。

4) 仕上げ

これら一連の作業を残りの 3 箇所についても、順次実施した。更新後、錆止め及び塗装スプレーを施した。

7.3.2 架台取付ボルトの引張強度評価

架台取付ボルト (M22) は既設であるが、建設当時の使用前検査の対象外であったため、今回材料検査を実施することとした。しかし、化学成分分析等による材質の証明は困難であったことから、硬度の測定値から引張強度を求め、SS400 以上の強度を有することを確認する手法を用いた。

まず、架台ボルトの硬度を正確に測定できるよう、架台取付ボルトの頭部をサンドペーパー (#2000) で研磨し、表面を平滑に仕上げた。次に、エコーチップ硬さ試験機を用いて、測定が可能な 4 箇所 (うち、1 箇所は表面仕上げをしていないため参考値扱い) の硬度を測定した。この測定値を引張強度へ換算し、SS400 材相当の基準範囲である 400 MPa~510 MPa と比較した。得られた引張強度は、全 3 箇所において約 690 MPa であり、SS400 より硬い材料であることを確認できた。架台取付ボルトの硬度測定状況を図 15 に示す。

8. 工事の安全対策及び放射線管理

8.1 安全対策

(1) 高所作業

本工事は、開口閉塞、杭の掘削、電磁波レーダー探査、放射線透過試験、耐震スリットの削孔等、高所での作業が多かった。長期的な高所作業では、足場を設置して作業を行い、作業員の転落防止を図った。また、巾木、ネットを足場に取り付け、工具の落下防止も行った。足場の設置ができない杭孔内への昇降は、ライナープレートに固定した梯子に、セーフティブロックを設置し、セーフティブロックのワイヤーを安全帯 (墜落制止用器具) に掛けて、

転落防止を図った。短期的な作業の場合は高所作業車を活用した。

(2) 上下作業

上下作業は原則禁止し、作業前の KY・TBM で注意喚起を行った。ただし、場所打ちコンクリート杭の掘削作業については、上下作業が不可避であったため、次の対策を講じて実施した。

- ① 杭孔内に屋根付きの待避所を設け、作業者が退避した後にライナープレート及びバケットの昇降を行う。
- ② 杭孔内への工具類の落下を防止するため、上部の作業員の工具や立会者のカメラ等に、落下防止措置を施す。

(3) 溶接作業

開口閉塞作業において実施したフレア溶接作業では、火災及び作業員の火傷を防止するため、次の対策を講じた。

- ① 溶接作業員は、溶接面及び皮手袋を使用する。
- ② フレア溶接作業前に、周辺に可燃物がないことを確認する。
- ③ 作業箇所周辺を防災シートまたはスパッタシートで養生する。
- ④ 消火器及び水バケツを配備する。
- ⑤ 溶接作業終了後は、残火確認のため監視員を1時間以上配置する。

(4) はつり・穿孔作業

はつり及び穿孔を行う際には、埋設物を損傷させないために次の対策を講じた。

- ① はつり及び穿孔を行う箇所について、図面により埋設物の有無を調査する。
- ② 電磁波レーダー探査を用いて、埋設物の有無を調査する。
- ③ 埋設物に電動ブレーカーが接触した際に自動で停止するメタルセンサー付き電工ドラムを使用する。

(5) 重量物運搬

場所打ちコンクリート杭の新設工事では、移動式クレーンを使用して、オペレーターから見えない位置への資材搬入や鉄筋の建て込み等を行った。重量物運搬においては、吊荷の落下、作業員と吊荷との接触又は挟まれが考えられるため、次の対策を講じた。

- ① クレーンオペレーターと玉掛作業員にトランシーバーを持たせ、連絡を取り合いながら誘導する。
- ② 吊荷は地切り（荷をわずかに吊り上げる）を行い、荷が安定していることを確認してから、移動する。
- ③ 吊荷の下に作業員が入らないよう誘導員が監視する。

(6) 酸素欠乏危険作業

場所打ちコンクリート杭の新設工事では、掘削作業中に酸素欠乏症のリスクが考えられることから、送風機による杭内への送風を実施した。また、杭孔内に酸素濃度計を設置し、酸素濃度を確認しながら作業を行った。

(7) 熱中症対策

5月～9月を熱中症対策期間として、以下の熱中症対策を実施した。

- ① 新規の作業員に対し、工事開始前に、熱中症予防及び緊急時の措置について教育を実施する。
- ② KY・TBM 時に、体調管理チェックリストを用いて体調確認を行う。
- ③ 作業中に作業員へ声掛けを行い、体調を確認する。
- ④ WBGT 測定器を設置して、WBGT 値が 25℃以上となることが予想される場合には、作業場所に扇風機等を設置する。
- ⑤ 休憩場所を整備し、水分、塩分、経口補水液を常備する。
- ⑥ WBGT 値に応じた作業制限時間を設定する。

8.2 放射線管理

(1) 放射線透過試験

携帯式 X 線装置を使用し、全 9 箇所（フィルム合計 121 枚）で透過試験を行った。試験開始前に、予想空間線量率を計算した結果、予想最大被ばく線量は、45 μ Sv となった。試験場所に応じて、放射線安全取扱手引に基づき一時的に第 2 種管理区域に設定した。また、以下の安全対策を行った。

- ・原則、X 線装置から 5 m 以内を立入禁止とする。
- ・照射時は、隣接する各部屋を立入制限する。
- ・撮影時は、可能な限り X 線照射方向の裏側（5 m 以上離れる）に退避する。

(2) 管理区域境界の維持

開口閉塞工事は、管理区域境界の明かり窓を撤去するため、事前に管理区域側周辺の汚染検査を行い、汚染のないことを確認した後、鋼製型枠を設置した。その鋼製型枠内の管理区域を一時的に解除してから、明かり窓の解体作業を行うことにより、管理区域の境界を維持した。開口閉塞後は、一時的に解除した管理区域を復旧した。

(3) 外部被ばく管理

焼却炉取付ボルトの更新作業は、焼却炉本体に接近して作業を行うことから、作業開始前に、作業場所周辺の線量当量率の測定を行った。その測定結果（最大で 2.0 μ Sv/h）を作業員に情報共有し、焼却炉本体に接近する作業時間の短縮を図った。その結果、最大被ばく線量は 29 μ Sv（作業日数：7 日）であった。

9. 事業者検査及び使用前検査

9.1 事業者検査

本工事を実施した当時の試験研究の用に供する原子炉等の設置、運転等に関する規則（以下「試験炉規則」という。）第 3 条の 4 に規定する使用前検査に確実に合格するため、「放射性廃棄物処理場の使用前検査に係る事業者検査実施要領書（検査対象：第 1 廃棄物処理棟の耐震補強）」を制定し、品質保証活動の中で事業者検査を実施した。事業者検査の項目を表 10 から表 13 に示す。事業者検査は、工事の進捗状況に合わせて、放射性廃棄物管理第 1 課員の立会のもとで実施した。

9.2 使用前検査

使用前検査は、試験研究用等原子炉施設の工事が、認可を受けた設計及び工事の方法に従って行われ、その性能が試験研究の用に供する原子炉等の性能に係る技術基準に関する規則に適合することを確認するものである。

試験炉規則に基づく原子力規制庁による使用前検査は、以下のとおり 3 回に分けて行われた。

(1) 第 1 回

令和元年 12 月 4 日及び 5 日に実施された。品質管理の方法等に関する検査（記録検査）及び耐震スリットの新設の寸法検査の一部（立会検査）を受検し、良判定を得た。

(2) 第 2 回

令和 2 年 3 月 23 日、25 日に実施された。以下の検査（全て記録検査）について受検し、良判定を得た。

- ・品質管理の方法等に関する検査
- ・設計変更の生じた構築物等に対する適合性確認結果の検査
- ・開口閉塞の材料検査の一部、配筋検査、外観検査
- ・場所打ちコンクリート杭の新設の材料検査の一部、寸法検査、配筋検査、型枠検査、外観検査
- ・耐震スリットの材料検査、寸法検査の一部、外観検査
- ・焼却処理設備（取付ボルト）の材料検査、寸法検査、外観検査

(3) 第 3 回

当初、令和 2 年 4 月に予定していたが、新型コロナウイルスの蔓延により緊急事態宣言が発令され、一時的に延期となった。緊急事態宣言の解除後、令和 2 年 7 月 3 日に実施された。開口閉塞の材料検査の一部及び場所打ちコンクリート杭の新設の材料検査の一部（全て記録検査）を受検し、良判定を得た。

10. まとめ

第 1 廃棄物処理棟及び焼却処理設備の耐震補強工事は大規模な工事であったが、労災を起こすことなく安全に完遂できた。また、使用前検査に合格することができた。本工事で得られた知見は、今後の工事に継承し、安全性の向上を図っていく。

謝 辞

耐震補強工事の完遂にご協力いただいた建設部建設課、耐震改修室の各位及び清水建設株式会社の作業員の方々、また、電気保安の管理にご協力いただいた工務技術部工務第 1 課、放射線管理について助言をいただいた放射線管理部放射線管理第 2 課の各位に深く感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 原子力規制庁, 核燃料施設等における新規制基準の適用の考え方, 2013,
<https://www.nra.go.jp/data/000069184.pdf> (参照 : 2026 年 3 月 12 日) .

表 1 第 1 廃棄物処理棟建家及び焼却処理設備の耐震補強工事の全体工程

		令和元年度											
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
建家													
準備		■	■										
開口閉塞				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
コンクリート杭の新設				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
耐震スリットの新設								■	■	■	■	■	■
焼却処理設備													
取付ボルト製作・交換									製作	■	■	■	交換

表 2 開口閉塞に係る材料の仕様

部 位	呼び径	材 料
鉄 筋	D10	SD295A (JIS G 3112)
開口補強筋	D16	SD295A (JIS G 3112)
スパイラル筋	D6	SD295A (JIS G 3112)
アンカー筋	D16	SD295A (JIS G 3112)
あと施工アンカー (接着系・カプセル型)	D10、D16	JCAA 認証品
グラウト	—	無収縮モルタル 設計基準強度 30 N/mm ²

表 3 鉄筋の継手長さ

鉄筋の種類	継手長さ
SD295A	35d 又は 25d フック付き
	フレア溶接の場合片面 10d 又は両面 5d
SD345	40d 又は 30d フック付き
	フレア溶接の場合片面 10d 又は両面 5d
SD390	45d 又は 35d フック付き

d : 呼び径

表 4 鉄筋の定着長さ

鉄筋の種類	定着長さ
SD295A	30d 又は 20d フック付き
SD345	35d 又は 25d フック付き
SD390	40d 又は 30d フック付き

d : 呼び径

表 5 鉄筋に対するコンクリートのかぶり厚さ

部 位	かぶり厚さ
杭	200 mm
基礎	70 mm
梁	50 mm
床	50 mm
壁	屋外 : 50 mm、屋内 : 40 mm

表 6 場所打ちコンクリート杭及び基礎部の材料の仕様

部 位		呼び径	材 料
杭	鉄筋	D13	SD295A (JIS G 3112)
		D29	SD390 (JIS G 3112)
基礎部	鉄筋	D13	SD295A (JIS G 3112)
		D16	SD295A (JIS G 3112)
		D29	SD390 (JIS G 3112)
	アンカー筋	D22	SD345 (JIS G 3112)
	あと施工アンカー (接着系・カプセル型)	D22	JCAA 認証品
共通	コンクリート	—	普通コンクリート 設計基準強度 24 N/mm ²

表 7 耐震スリットの仕様

No.	寸 法			
	スリット幅	スリット深さ	柱面からの距離	床面・梁下からの距離
1	30 mm 以上	貫通	615 mm ± 20 mm	梁下 : 50 mm ± 30 mm
2	30 mm 以上	100 mm 以上	315 mm ± 20 mm	床面 : 300 mm ± 30 mm
3	30 mm 以上	貫通	65 mm ± 20 mm	梁下 : 50 mm ± 30 mm
4	30 mm 以上	貫通	65 mm ± 20 mm	梁下 : 50 mm ± 30 mm
5	30 mm 以上	貫通	215 mm ± 20 mm	床面 : 300 mm ± 30 mm
6	30 mm 以上	100 mm 以上	内側 : 235 mm ± 20 mm 外側 : 335 mm ± 20 mm	床面 : 50 mm ± 30 mm 梁下 : 50 mm ± 30 mm
7	30 mm 以上	100 mm 以上	内側 : 235 mm ± 20 mm 外側 : 335 mm ± 20 mm	床面 : 50 mm ± 30 mm 梁下 : 50 mm ± 30 mm
8	30 mm 以上	貫通	65 mm ± 20 mm	梁下 : 50 mm ± 30 mm
9	30 mm 以上	貫通	65 mm ± 20 mm	梁下 : 50 mm ± 30 mm

表 8 耐火材の仕様

項 目	材 料	備 考
耐火材	ロックウール	2 時間耐火*

* 建材試験センター等の性能試験により耐火性能の確認されている材料

表 9 ボルトの仕様

焼却炉取付ボルト	ボルトサイズ	M30×L140mm (JIS B 1180)
	ボルト材質	SS400 (JIS G 3101)
	ボルト孔径	33±2mm (JIS B 1001)
	ボルト本数	ラグ 1 脚につき 4 本 (計 16 本)
架台取付ボルト	ボルトサイズ	M22
	ボルト材質	SS400 (引張強度 : 400~510 MPa)
	ボルト本数	架台脚 1 脚につき 4 本 (計 16 本)

表 10 事業者検査項目一覧 (開口閉塞)

大項目	小項目	対 象
材料検査	—	鉄筋、開口補強筋、スパイラル筋、アンカー筋、あと施工アンカー、コンクリート、無収縮モルタル
構造検査	径 (呼び径)	鉄筋、開口補強筋、スパイラル筋、アンカー筋
	本数又は間隔	鉄筋、開口補強筋、アンカー筋
	外径又はピッチ	スパイラル筋
	継手長さ	鉄筋
	定着長さ	鉄筋、開口補強筋、アンカー筋
	埋め込み長さ	アンカー筋
	外観	フレア溶接部
	かぶり厚さ	鉄筋
外観検査	—	開口閉塞部 (コンクリート部)

表 11 事業者検査項目一覧（場所打ちコンクリート杭の新設）

大項目	小項目	対 象	
材料検査	—	杭	鉄筋、コンクリート
		基礎	鉄筋、アンカー筋、あと施工アンカー、コンクリート
寸法検査	外径及び杭長	杭	
構造検査	径（呼び径）	杭	鉄筋
		基礎	鉄筋、アンカー筋
	本数又は間隔	杭	鉄筋（主筋）、鉄筋（フープ筋）
		基礎	鉄筋、アンカー筋
	継手長さ	杭	鉄筋
		基礎	鉄筋
	定着長さ	杭	鉄筋
		基礎	鉄筋、アンカー筋
	かぶり厚さ	杭	鉄筋
		基礎	鉄筋
埋め込み長さ	アンカー筋（基礎部）		
寸法	型枠（基礎部）		
外観検査	—	杭、基礎、杭の本数、杭及び基礎の配置	

表 12 事業者検査項目一覧（耐震スリットの新設）

大項目	小項目	対 象
材料検査	—	耐火材
寸法検査	—	耐震スリット（幅、スリット深さ、柱面からの距離、床面・梁下からの距離）
外観検査	—	耐震スリットの配置

表 13 事業者検査項目一覧（焼却処理設備）

大項目	小項目	対 象
材料検査	—	焼却炉取付ボルト、架台取付ボルト
寸法検査	外径	焼却炉取付ボルト、架台取付ボルト
	ねじ部長さ	焼却炉取付ボルト
	孔径	焼却炉取付ボルト
外観検査	—	焼却炉取付ボルト、架台取付ボルト

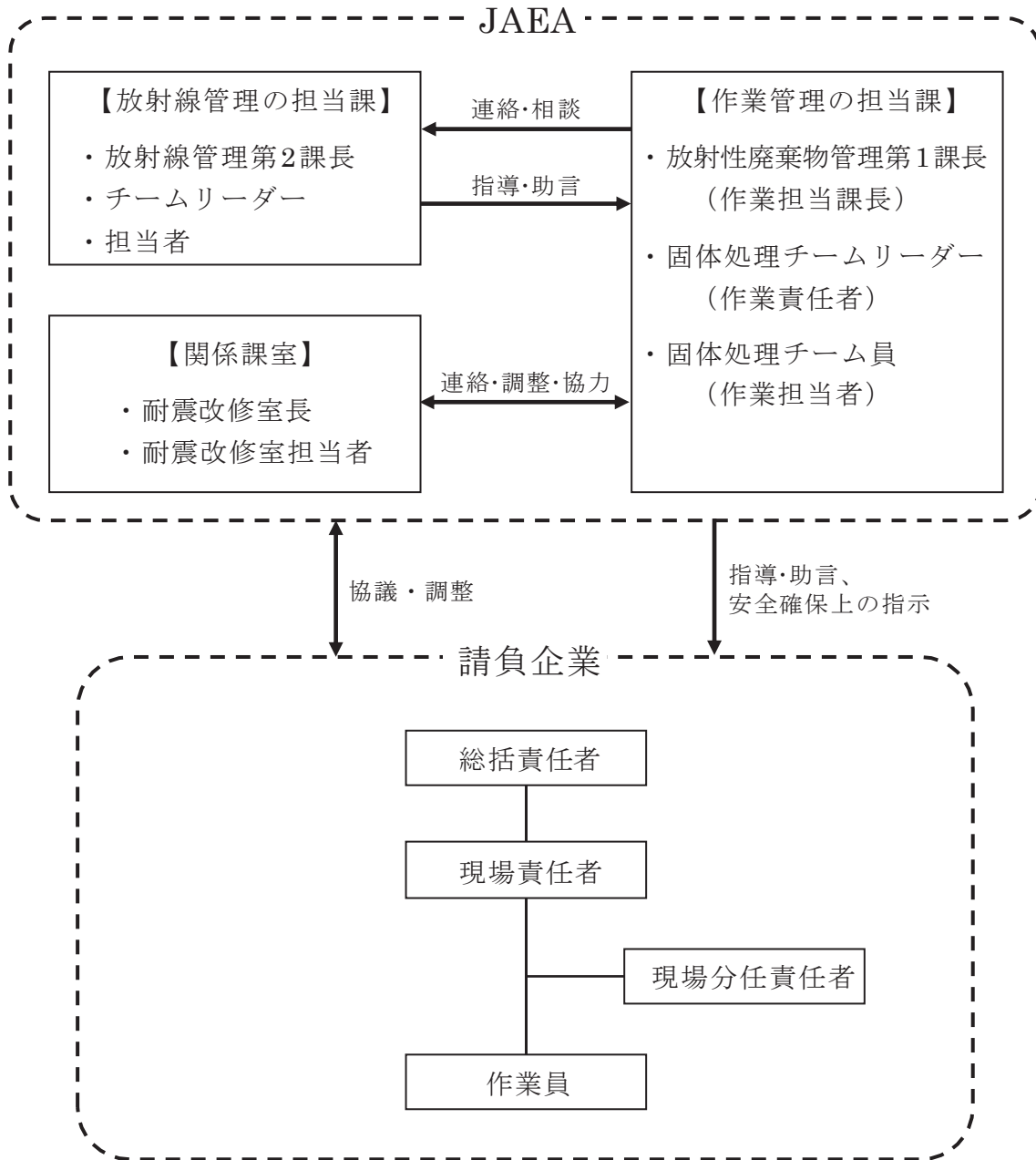


第 1 廃棄物処理棟



焼却炉

図 1 第 1 廃棄物処理棟及び焼却炉の外観



※組織名は工事当時のものである

図2 作業管理体制

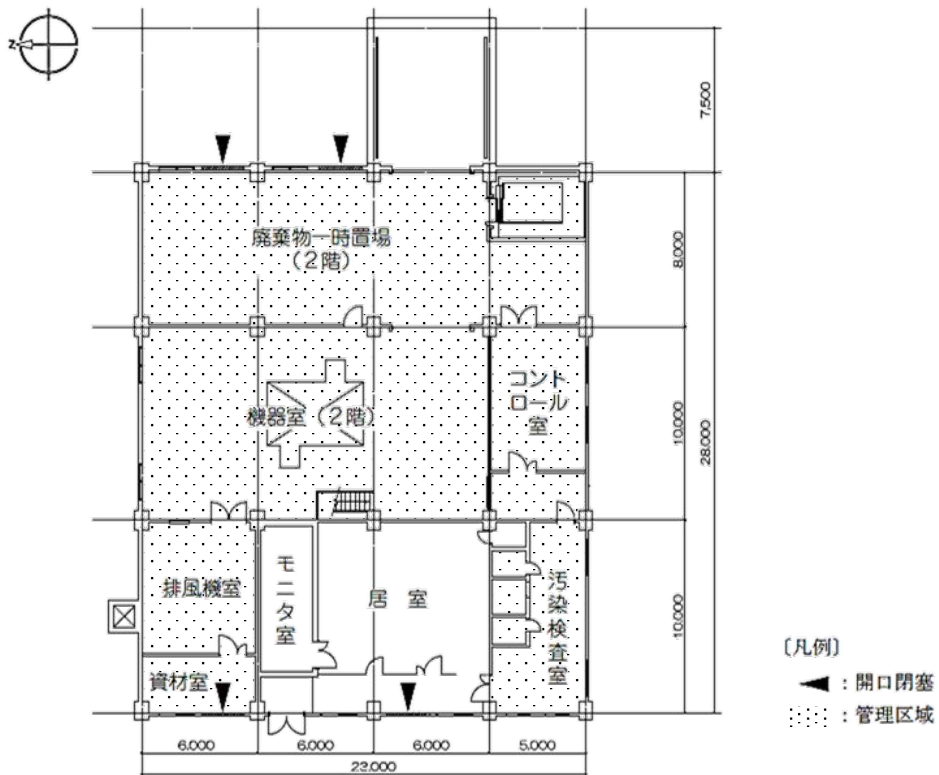
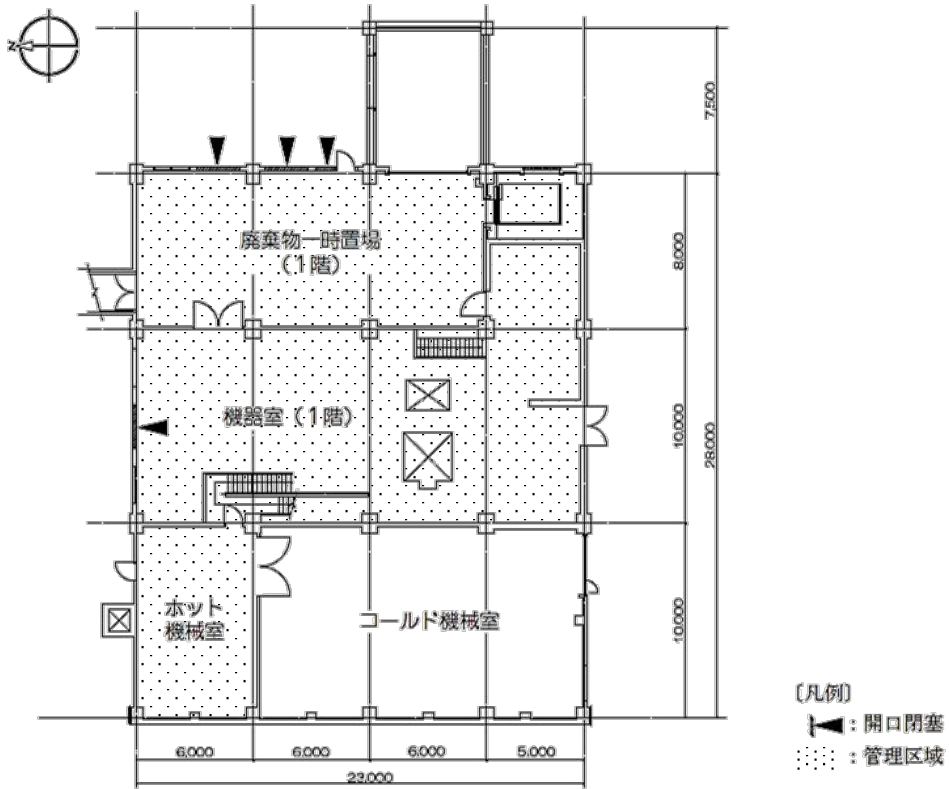
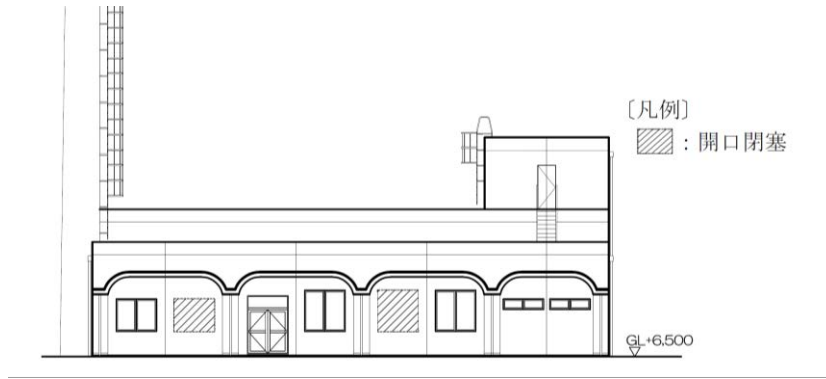
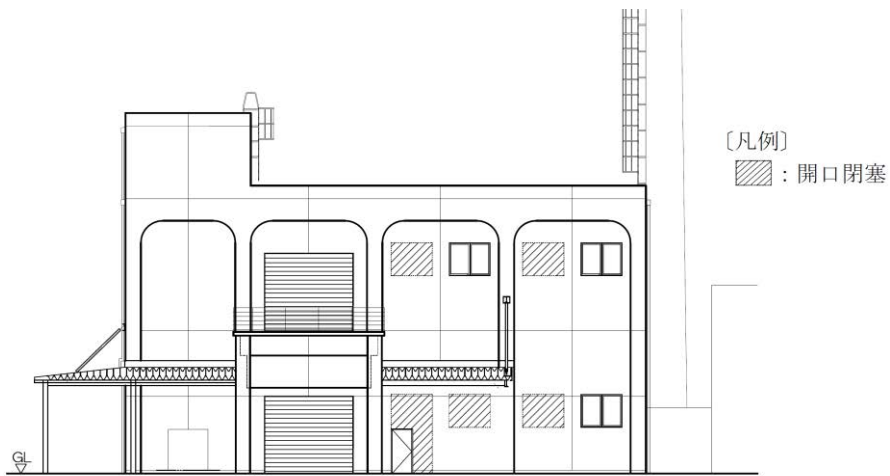


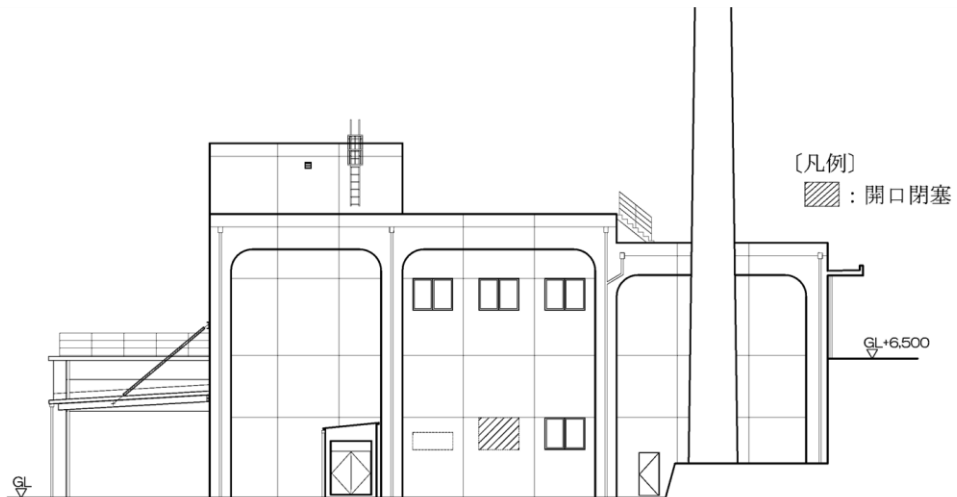
図3 開口閉塞の施工位置 (平面図)



第1 廃棄物処理棟 西立面図



第1 廃棄物処理棟 東立面図



第1 廃棄物処理棟 北立面図

図4 開口閉塞の施工位置 (立面図)

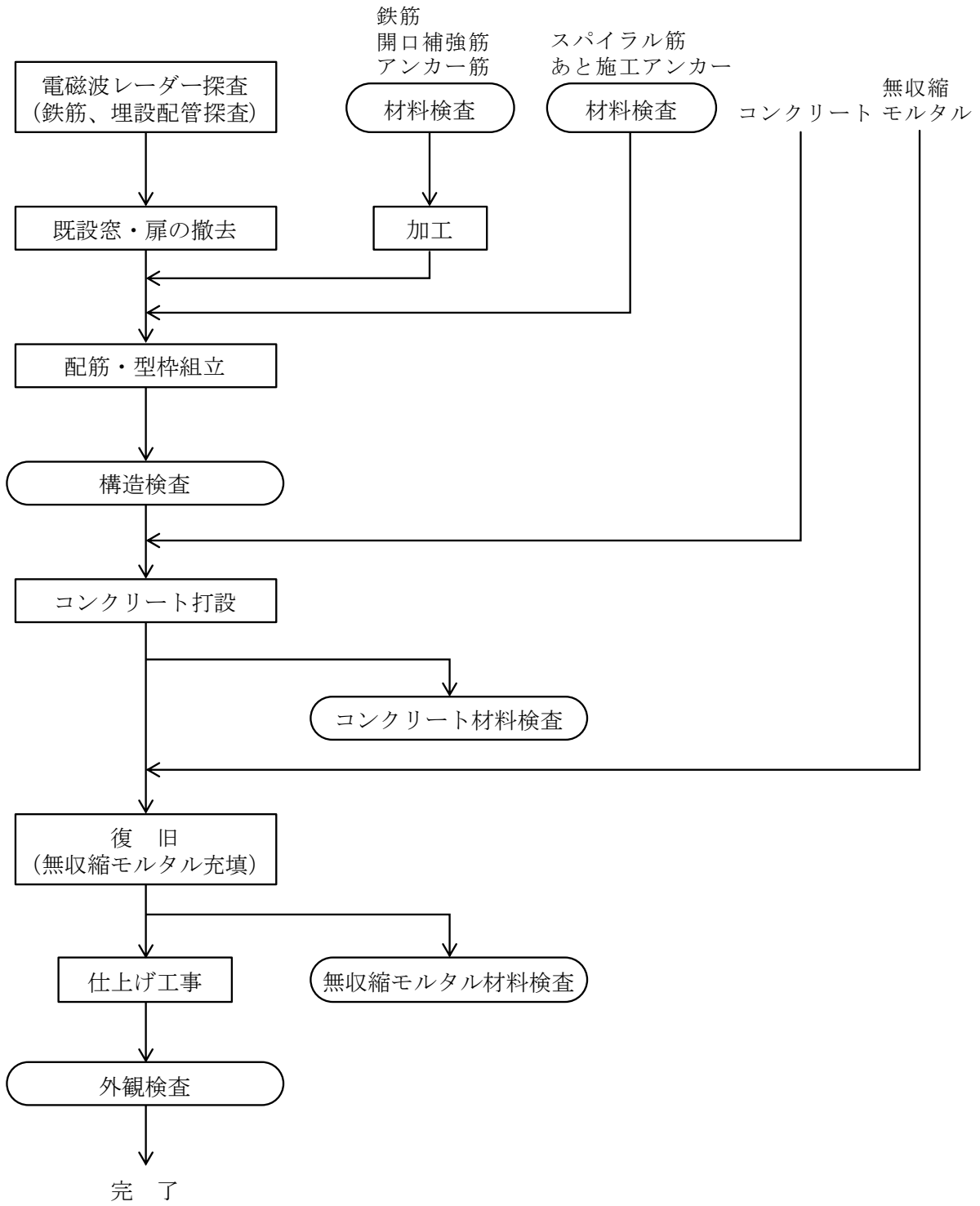


図5 開口閉塞の施工フロー



既設窓の撤去



配筋、構造検査



工事完了後

図6 開口閉塞の施工状況

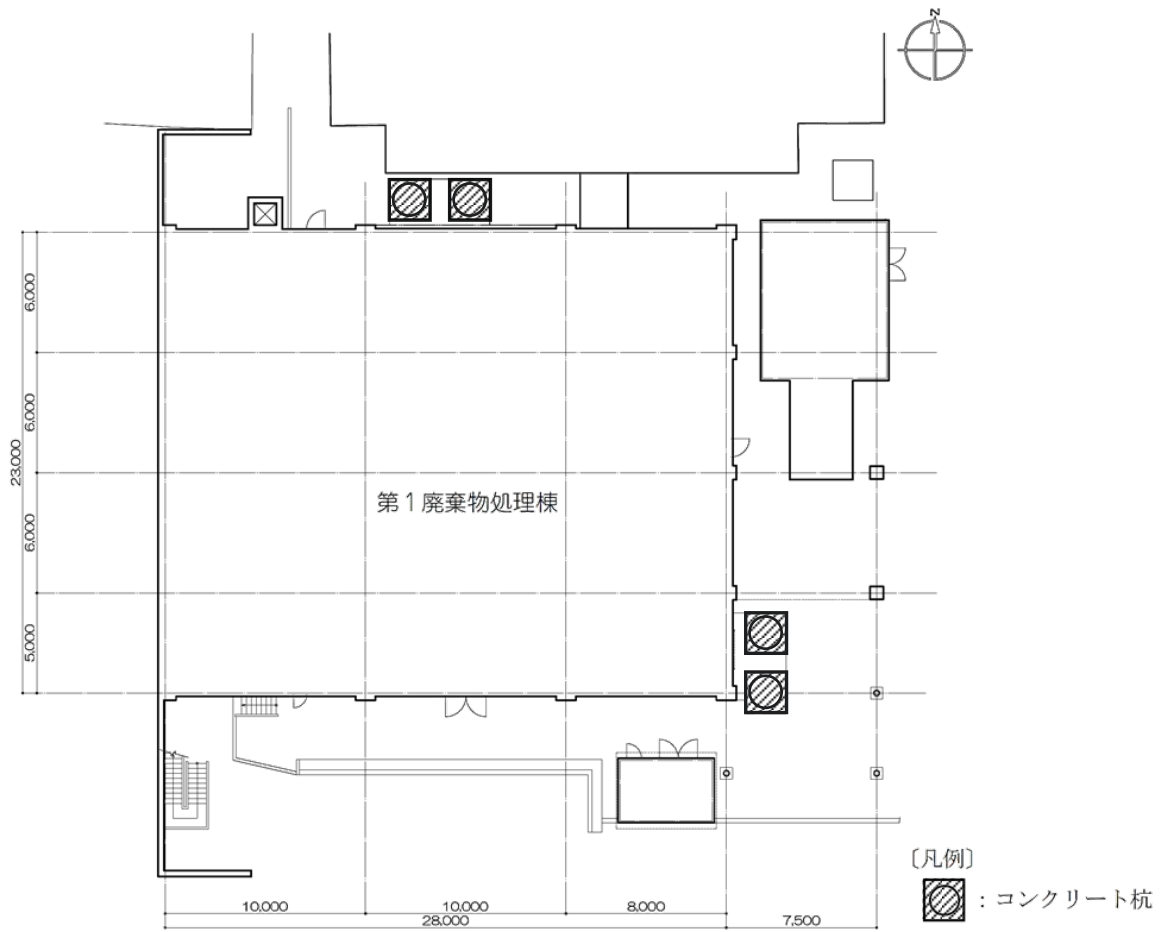


図7 場所打ちコンクリート杭の施工位置

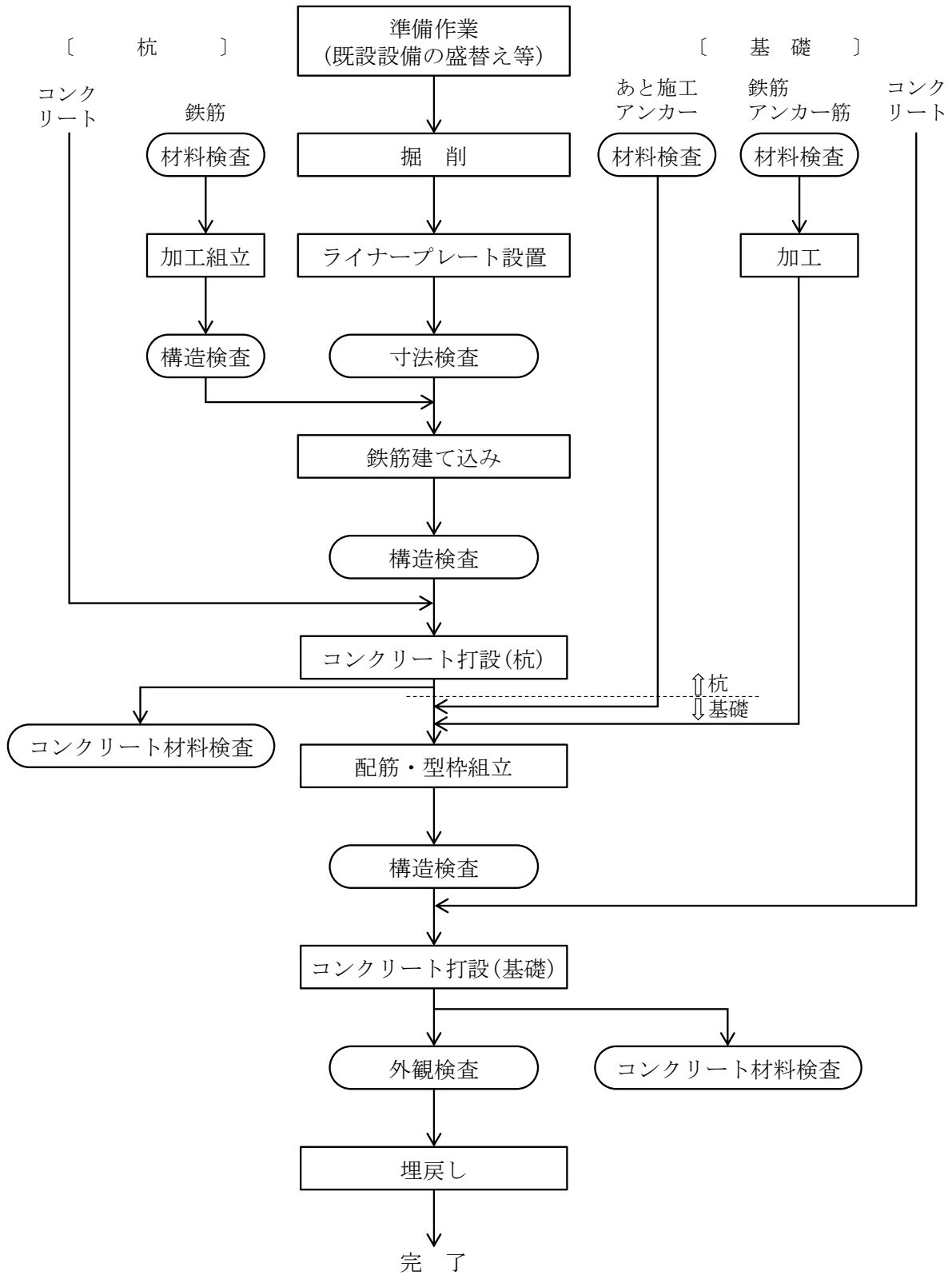


図8 場所打ちコンクリート杭の施工フロー



ライナープレート設置（南側杭）



鉄筋建て込み（南側杭）

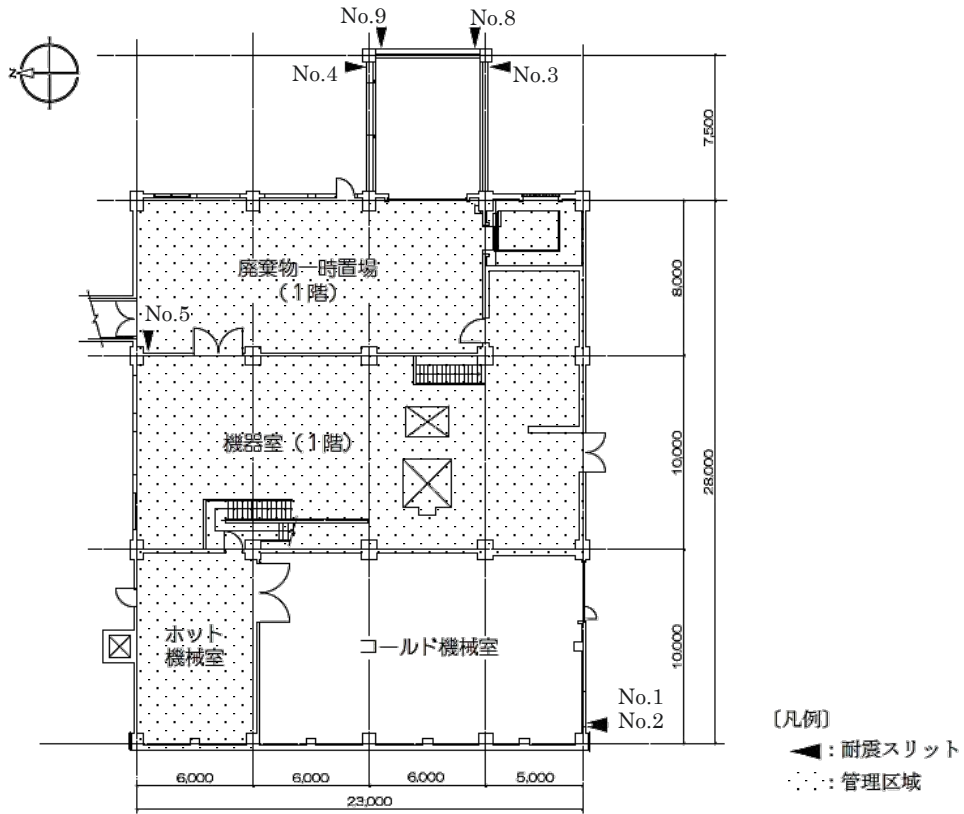


配筋（南側基礎）

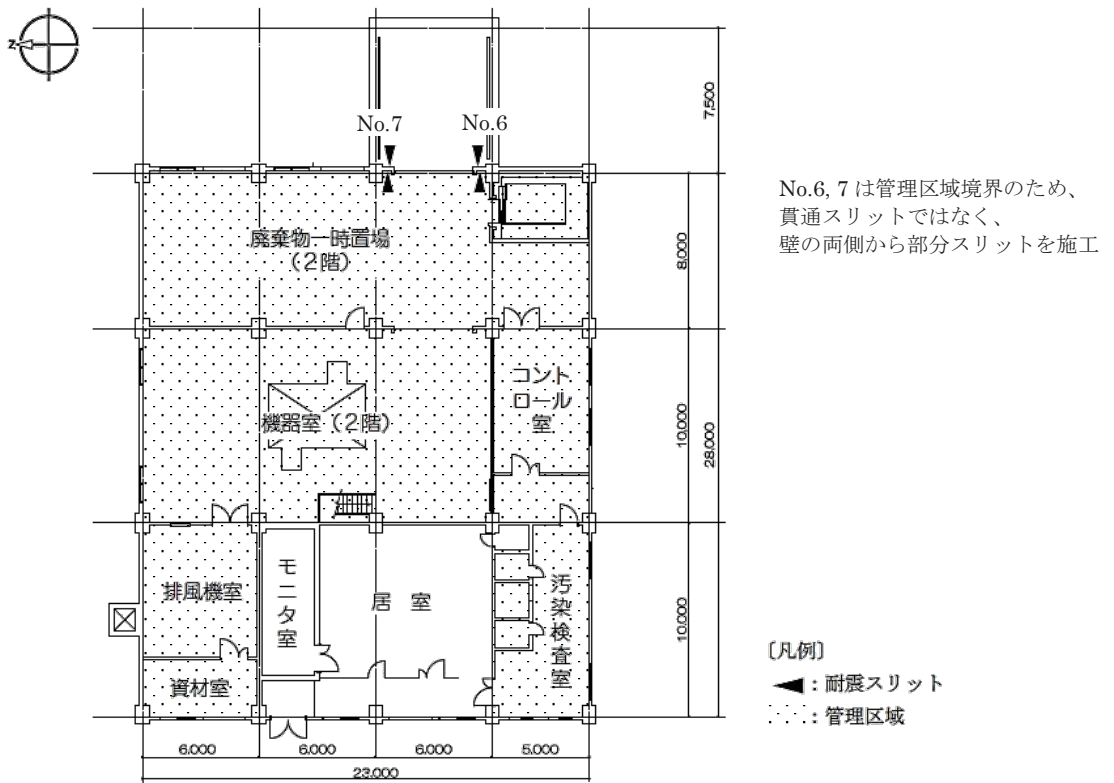


コンクリート打設（南側基礎）

図9 場所打ちコンクリート杭の施工状況



第1 廃棄物処理棟 1階平面図



第1 廃棄物処理棟 2階平面図

図 10 耐震スリットの施工位置 (平面図)

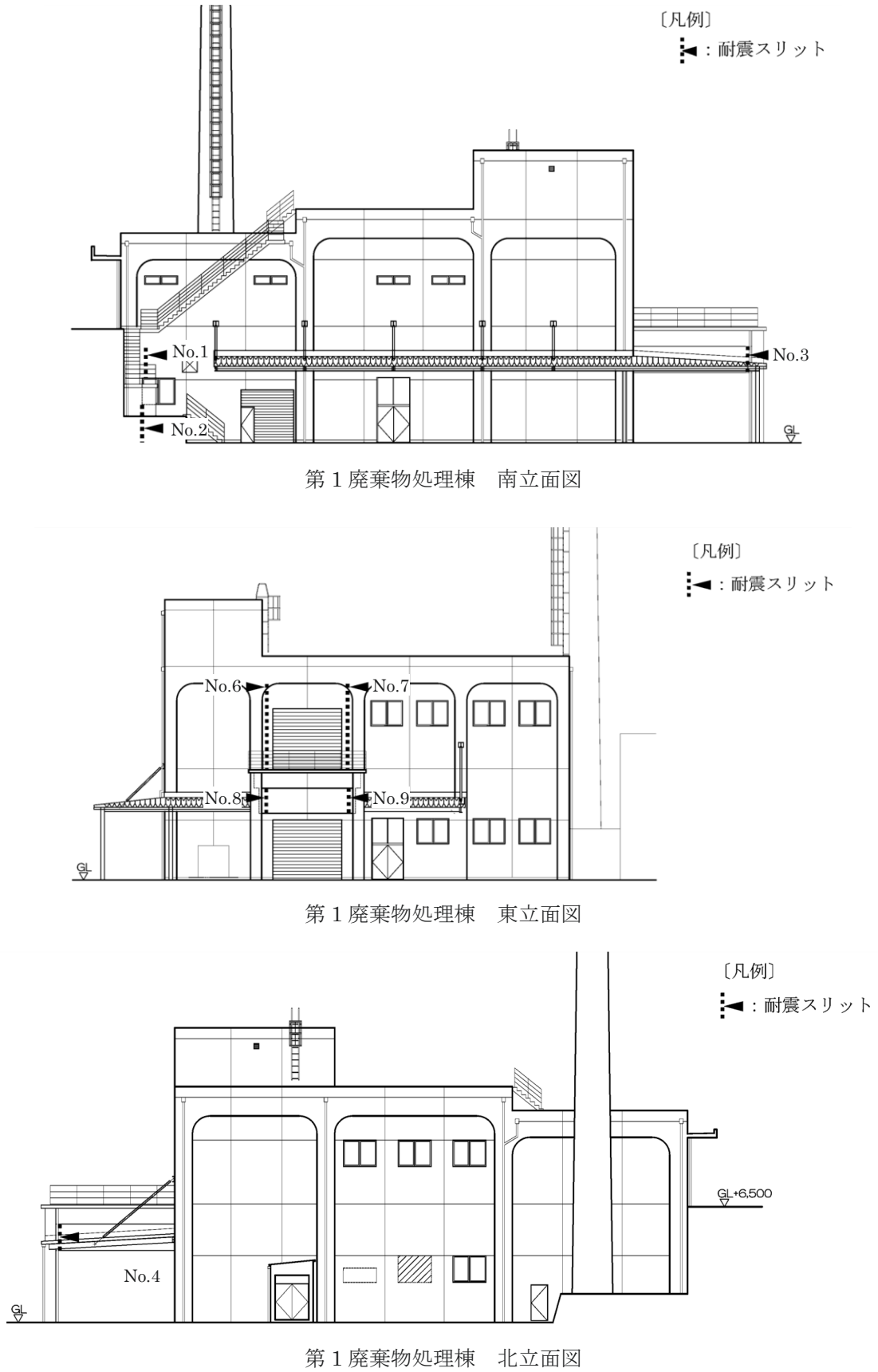


図 11 耐震スリットの施工位置 (立面図)

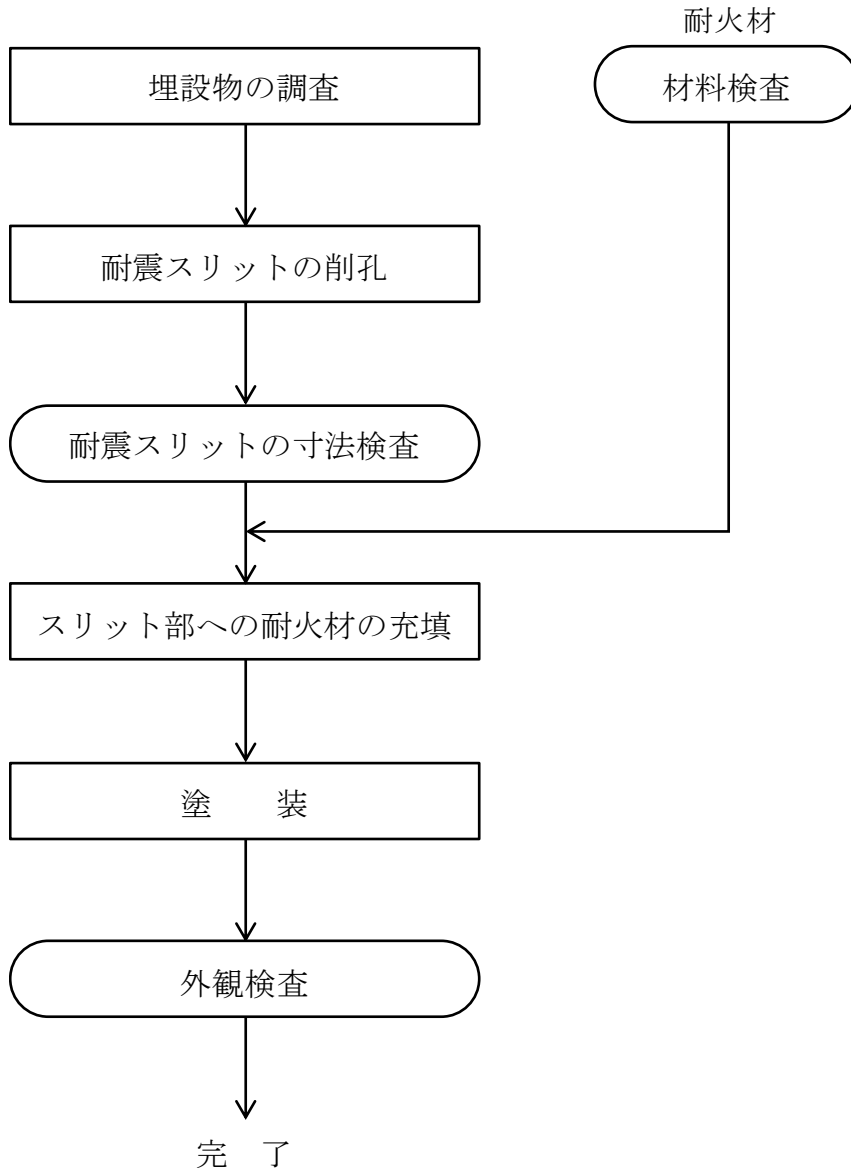


図 12 耐震スリットの施工フロー



耐震スリットの穿孔



耐震スリットの寸法検査



耐火材



塗装後

図 13 耐震スリットの施工状況

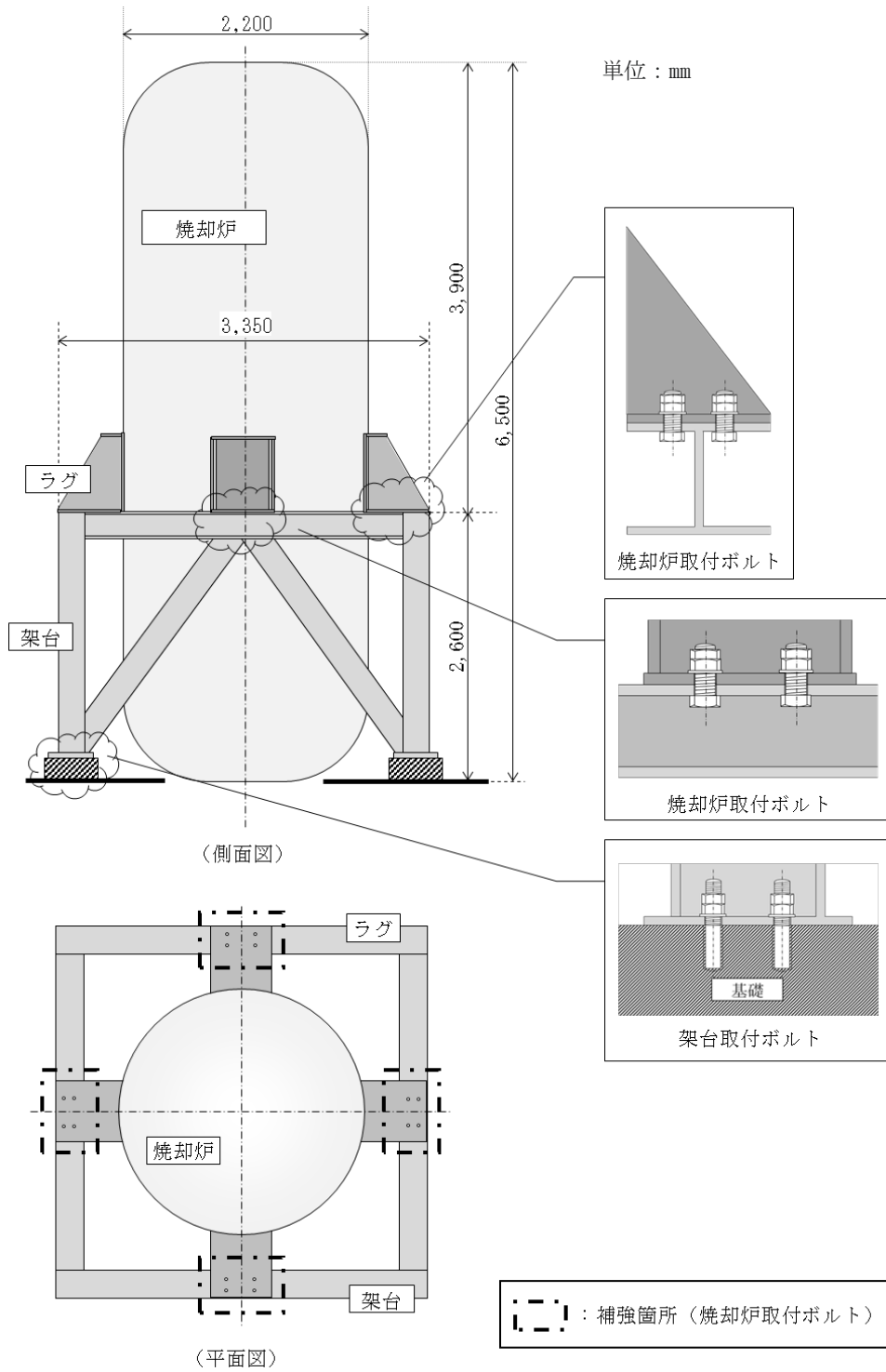


図 14 取付ボルトの位置



研磨後



硬度測定

図 15 架台取付ボルトの硬度測定状況

This is a blank page.

