

第5章 耐震・構造調査

第1節 調査目的

今回の調査では、国指定史跡「陸軍板橋火薬製造所跡」に残存する建物および構造物について、耐震診断・劣化状況を確認する目的で実施するものである。なお、敷地内に現存する旧野口研究所地区のⅠ号館と旧理化学研究所地区のB棟（爆薬理学試験室）およびC・D・E棟（物理試験室）については、平成29年12月提出された『評定報告書』において、耐震診断結果に関する評定を実施した。ただし、当時の所見として、掘削調査とボーリング調査を実施していないため、基礎形状や地盤の支持力等が不明であると付記されている。これらの課題を解決するため、追加で建物基礎の深度と形状を確認する調査を実施することとした。

また、建物の構造面から確認した耐震診断に加え、土地の来歴および地盤についてもボーリングデータ等から調査を実施している。

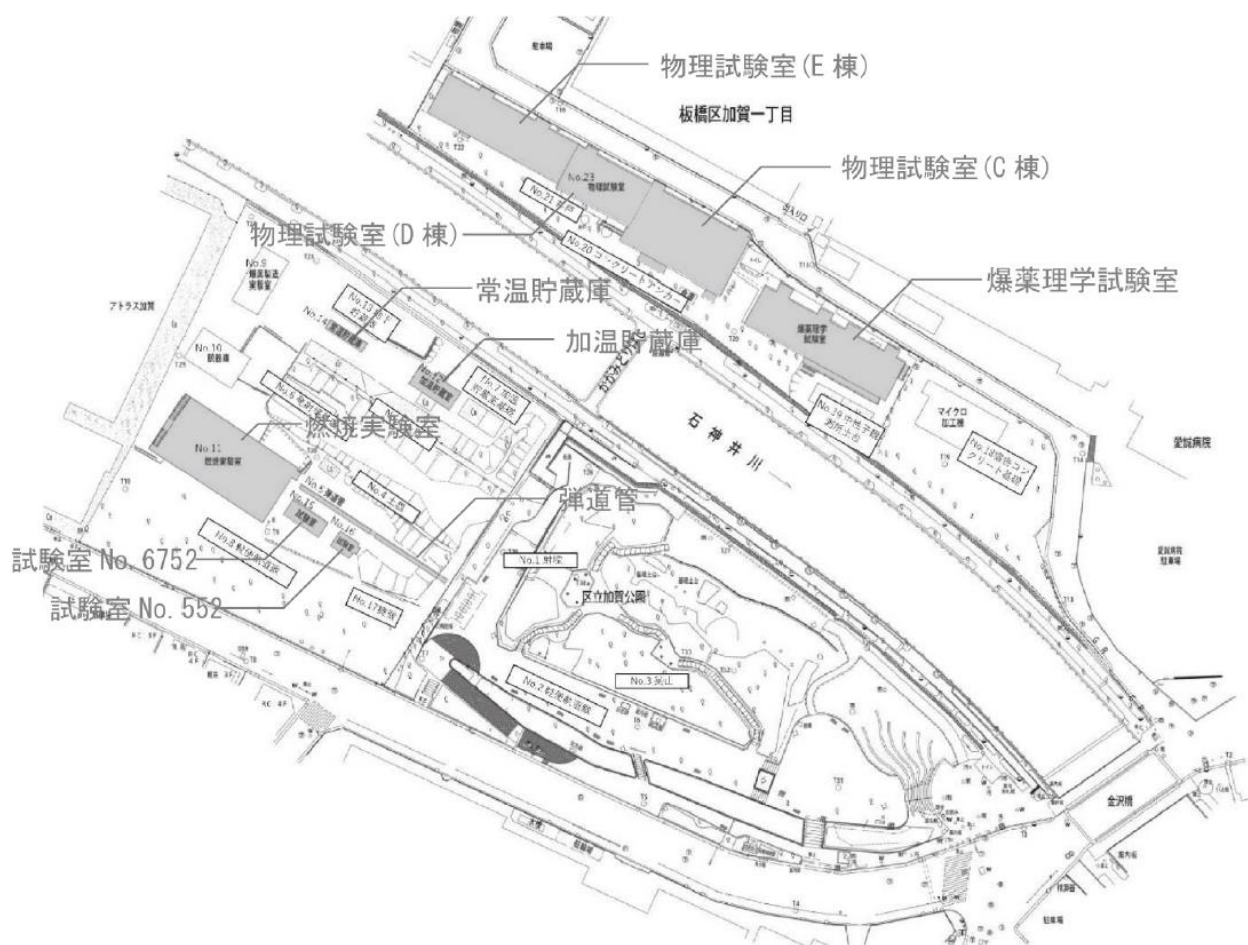
第2節 調査対象

▶ 建物概要

- (1) 名 称： 史跡陸軍板橋火薬製造所跡構造調査等業務委託
- (2) 所 在 地： 東京都板橋区加賀一丁目8番地1号他
- (3) 各棟概要： 番号は図－1配置図のとおり。

第3表 構造調査箇所一覧

名称		配置図 No.	旧用途	構造	規模	延床面積	建設年度
旧野口研究所	弾道管	No. 5	弾道管	RC 造	地上1階	30.5 m ²	1943年 (昭和18年)
	燃焼実験室	No. 11	研究棟	RC 造	地上2階	576.00 m ²	1942年 (昭和17年)
	加温貯蔵庫	No. 12	火薬庫	RC 造	地上1階	—	1936年 (昭和11年)
	常温貯蔵庫	No. 14	火薬庫	RC 造	地上1階	—	1934年 (昭和9年)
	試験室 No. 552	No. 15	研究棟	RC 造	地上1階	—	—
	試験室 No. 672	No. 16	研究棟	RC 造	地上1階	—	—
旧理化学研究所	爆薬理学試験室	—	研究棟	RC 造	地上1階 地下1階	354.25 m ²	1941年 (昭和16年)
	物理試験室 (C 棟)	No. 23	研究棟	RC 造	地上1階	253.00 m ²	1938年 (昭和13年)
	物理試験室 (D 棟)	No. 23	研究棟	煉瓦造	地上1階	128.04 m ²	1907年 (明治40年)
	物理試験室 (E 棟)	No. 23	研究棟	RC 造	地上1階	232.30 m ²	1931年 (昭和6年)



第 54 図 樹木位置図

第 4 表 構造調査項目と調査手法

調査項目	調査目的	調査方法	調査数量
構造的な項目	構造部材断面調査	正確な現況図面の作成 建物各部の寸法を実測 掘削調査により建物基礎の寸法を実測	表-1-2
	履歴外観調査	建物内・外観劣化状況の把握 目視によるひび割れなどの劣化ヶ所の記録及びひび割れ幅の測定	表-1-2
	配筋調査	柱・壁配筋量の把握 鉄筋探知による鉄筋の本数と間隔の推定 斫りによる鉄筋の露出と径の実測	表-1-2
	不同沈下調査	不同沈下の傾向の把握 柱等の位置での高低差を計測	表-1-2
	地盤調査	地盤情報の入手 機械式ボーリング、ハンドオーガー等を使用	表-1-2
材料的な項目	コンクリート強度調査	コンクリート圧縮強度の把握と品質の推定 JIS A 1107、1108 及び 1132 に準拠したコア採取及び圧縮試験 (φ 75、壁) RH および ET 硬さ試験機による強度推定	表-1-2
	コンクリート中性化深さ	中性化調査による建物の老朽化状況の把握 JIS K 8008 で規定するコンクリートの中性化試験	表-1-2
	鉄筋腐食	鉄筋腐食状態の把握 斫りによる配筋調査ヶ所において鉄筋の腐食状態を目視確認	表-1-2

※コンクリートの各試験は、一般社団法人建築研究振興協会 板橋試験所が実施

第5表 調査数量表

番号・調査対象		構造部材 断面調査	履歴外観調査	配筋調査	不同沈下 調査	コンクリート等強 度調査※	中性化 調査	鉄筋腐食 調査	基礎掘削 調査
旧 野 口 研 究 所	① 土塁	実測可能範囲	目視可能範囲		—	—	—	—	1カ所 (擁壁)
	② 弾道管	実測可能範囲	目視可能範囲	探査×適宜	—	弾道管 RH×3 基礎 ET×2	—	—	2カ所
	③ 燃焼実験室	—				ET×8	—	—	2カ所
	④ 加温貯蔵庫	実測可能範囲	目視可能範囲	探査×適宜 研り×3	○	コア×3 RH・ET×3	コア×3	3カ所 (研り)	2カ所
	⑤ 常温貯蔵庫	実測可能範囲	目視可能範囲	探査×適宜	○	RH×3	—	—	1カ所
	⑥ 試験室 No.552	実測可能範囲	目視可能範囲	探査×適宜	○	RH×3	—	—	1カ所
	⑦ 試験室 No.672	実測可能範囲	目視可能範囲	探査×適宜	○	RH×3	—	—	1カ所
	⑧ 煉瓦塀	実測可能範囲	目視可能範囲	—	—	コア×1 (採取失敗)	—	—	2カ所
	⑨ RC造塀	実測可能範囲	目視可能範囲	探査×適宜 研り×3	—	コア×1	コア×1	1カ所 (研り)	2カ所
	⑩ 煉瓦積み 擁壁	実測可能範囲	目視可能範囲	—	—	—	—	—	2カ所
旧 理 化 学 研 究 所	⑪ 爆薬理学 試験室	—	—	—	—	ET×8	—	—	4カ所
	⑫ 物理試験室 (C棟)	—	—	—	—	ET×6	—	—	2カ所
	⑬ 物理試験室 (D棟)	—	—	—	—	—	—	—	2カ所
	⑭ 物理試験室 (E棟)	—	—	—	—	ET×6	—	—	2カ所

※ RH：リバウンドハンマー、ET：エコーチップ硬さ試験機

第6表 地盤調査数量表

地盤調査	番号・調査		RC造塀	煉瓦塀	煉瓦造擁壁	土塁	物理試験室 (E棟)	爆薬理学試験室
	①	スクリューウェイト 貫入試験	5.15m 1カ所	5.00m 1カ所	6.00m 1カ所	延べ 33.15m 3カ所	—	—
	②	ハンドオーガー ボーリング	—	—	2.00m 1カ所	2.00m 5カ所	—	—
	③	ブロックサンプリング	—	—	2カ所	1カ所	—	—
	④	機械式ボーリング B-1	—	—	—	—	孔径 66mm 深度 27m	—
	⑤	機械式ボーリング B-1	—	—	—	—	—	孔径 66mm 深度 27m

第3節 調査方法

現状変更に係る調査項目を別表にまとめた。このうち、調査の手法と目的を述べる。

○ボーリング調査

試料の採取や標準貫入試験などの原位置試験を行いながら試錐機で掘り下げ、その地点の土質状況を調査する。標準貫入試験により得られたN値や細粒分含有率の数値などから、液状化の安全率を算出し、当該地における液状化の履歴や液状化予測図を加味して、液状化のリスクについて総合的に判定する。

調査は旧理化学研究所 E 棟西側及び B 棟西側の 2 個所で実施した。

○基礎掘削調査

RC 造塀、煉瓦塀、煉瓦積み擁壁及び北側土塁の RC 造擁壁の基礎を重機および人力にて掘削する。塀及び擁壁の両面側（北側土塁の擁壁は前面側）から掘削し、基礎の形状及び根入れ深さを測定・記録する。

基礎形状調査箇所については表 1-2 の基礎掘削調査欄に記載している。

○ハンドオーガーボーリング

GL-2m まで掘削し、掘削器具の先端に溜まる土の土質、深さ、層厚等を観察・記録し柱状図を作成する。

○土壌サンプリング

土質試験と土質標本のための試料採取をおこなう。採集した試料は、室内土質試験をおこない、擁壁や土塁の安定計算に用いる土質定数を算出する。

○建築物・構造物のコア抜き

RC 造塀、煉瓦塀及び煉瓦積み擁壁の厚さを把握し、強度および劣化状況を調査するため、擁壁前面側から直径 80 mm あるいは直径 160 mm のコアを採取する。採集したコアは、圧縮強度試験によりコンクリートと煉瓦壁の設計基準強度を算出した。この数値から、曲げ及びせん断に関する応力度を算出し、地震時における各部材の許容値を求め、地震に対する強度の計算式へ算入する。

○リバウンドハンマーおよびエコーチップ

測定面の表面を平滑にしたうえで、リバウンドハンマーによる打撃を加え、打撃速度と反射速度から圧縮強度の推定をおこなった。エコーチップについても同様な手法により、平滑面の打撃により圧縮強度の推定値を算出する。このエコーチップ硬度計の特徴は、衝突エネルギーがリバウンドハンマーの 1/200 と小さいため、躯体への影響を減らすことができることである。

○外観変状調査

外観の観察により、構造物等に変化が生じているか確認する。

第 4 節 調査結果概要および所見

以上の調査手法により、下記の建物と構造物について所見を得ることができた。

○旧野口研究所エリア

①北側及び南側土塁：旧野口研究所地域には、北側に東西方向 47m、東端では南北方向 20m、最大高 3.3m を測る。北面はコンクリートの擁壁で覆われ、南面には RC 造擁壁や擬木による崩壊防止対策が施されている。擁壁には損傷が見られ、擬木にも乱れが確認できることから、表土層が流出しているとみられる。南側には東西方向 45m、最大高 2.3m の土塁があるが、特筆すべき所見はない。なお、いずれの土塁も平成 29 年（2017）に実施した土壌対策工事により、GL-50cm 以上の削平を受けており、施工後にラス網と土砂流出防止剤が確認できた。

以上の状況から、北側土塁の東端控え壁を修復し、擬木を増設する必要がある。なお、土塁の断面に見る安定性を確認したところ、安定している結果が出ている。

②弾道管：弾道管基礎は、台形と長方形の 2 種類がある。いずれも GL-72cm まで基礎があり、台形は長辺 210 × 短辺 43cm、長方形は長辺 102 × 短辺 43cm を測る。また、耐震性能は必要とされる性能を満たしていると判定されたが、構造物の経年劣化や状況や不同沈下の可能性が懸念されている。適切な補修に加え、継続的な不同沈下調査の実施が求められている。

③燃焼実験室：平成 29 年 12 月におこなわれた評定によると、耐震診断上は問題ないことが示されている。ただし、基礎形状の確認や地耐力が不明であったことから、今回の確認調査を実施した。基礎の掘削により、燃焼実験室の基礎は GL-150cm に独立基礎による 1.8 ～ 2m 四方の基礎を置き、布基礎状に布基礎状の基礎が巡っていることを確認した。また、目視等による建物の経年劣化について懸念があり、適切な補修が必要である。

④加温貯蔵室：加温貯蔵室の基礎は GL-50cm に 80 × 80cm の基礎底盤があり、柱ごとに深い独立基礎を置き布基礎状につなげて建物を支えている。耐震診断の結果、加温貯蔵室は必要とされる耐震性能を満たしているものの、建

物の経年劣化状況について懸念があり、適切な補修が必要である。

⑤常温貯蔵室：加温貯蔵室の基礎は GL-48cm に割栗石（赤煉瓦を含む）を敷き、ベタ基礎と見られる基礎が外周を巡っている。耐震診断の結果、常温貯蔵室は必要とされる耐震性能を満たしているものの、建物の経年劣化状況について懸念があり、適切な補修が必要である。

⑥試験室No.552：試験室No.552の基礎は GL-67cm に布基礎状の基礎が外周を巡っている。耐震診断の結果、試験室No.552は必要とされる耐震性能を満たしているものの、建物の経年劣化状況について懸念があり、適切な補修が必要である。

⑦試験室No.672：試験室No.672の基礎は GL-70cm に布基礎状の基礎が外周を巡っている。耐震診断の結果、試験室No.672は必要とされる耐震性能を満たしているものの、建物の経年劣化状況について懸念があり、適切な補修が必要である。

⑧煉瓦塀：旧野口研究所地域に所在し、高さ 200cm、根入れ深さが 87cm、厚さは笠木と支柱が 30cm（煉瓦長辺＋短辺）、壁が 20cm（煉瓦長辺 or 短辺＋短辺）、基礎幅 40～50cm であった。コンクリート煉瓦を用いて、積み方を変えることで壁と支柱のような形状を表現している。こうした柱ごとの壁が 4 スパン残る。笠木は煉瓦にモルタルを塗り付けて構成している。塀には地震あるいは、東側に隣接する RC 造塀の撤去時に生じたとみられるひび割れ 2 か所が確認できる。

煉瓦塀もコア採取を試みたが、接合目地モルタルが剥離し、目地せん断試験をおこなうことができなかった。以上のことから、煉瓦塀の目地モルタルは経年による脆弱等が考えられることから、何らかの対策が必要である。

⑨ RC 造塀：旧野口研究所地域に所在し、高さ 120 ～ 200m、根入れ深さ 92cm を測る。笠木、壁板、支柱および支柱の基礎コンクリートで構成され、1 スパンが残る。隣接する加賀公園まで塀が続いていたが、公園の整備に伴って塀が撤去されたと考えられる。支柱が南側へ 4 度ほど傾いているほか、塀の東端は鉄筋がむき出しになっており、切断された痕跡が残っている。

コア採取試料から、コンクリートの中性化は内部の鉄筋まで達していないことを確認した。また、地震時には転倒する不安定な塀である計算結果が出されたことから、何らかの対策が必要であると考えられる。

⑩煉瓦積み擁壁：旧野口研究所エリアに立地している。大半に根入れ深さが無く、煉瓦塀の下部形状と同様に積み方を変えることで支柱と壁を表現し、11 スパン確認できる。擁壁は 15～110cm、厚さは壁が 31cm（煉瓦長辺＋短辺＋目地）、支柱 43cm（長辺＋長辺＋目地 or 短辺＋長辺＋短地＋目地）及び基礎 54cm を測る。擁壁天端には切り株が見られ、天端にある煉瓦にはいくつかズレが見られる。

上記した煉瓦のズレは、接合目地モルタルの剥離が原因と考えられることから、目地モルタルの補修が必要と考えられる。なお、地震による安定性については問題ないことが確認されている。

○旧理化学研究所エリア

⑪爆薬理学試験室 B 棟：平成 29 年 12 月におこなわれた評価によると、Y 方向 1 階で構造耐震判定指標を下回っている。主な理由として、片持ち柱の柱脚の曲げ体力が小さく、強度が不足することが挙げられた。また、基礎形状や地耐力が不明であると指摘されている。

基礎の掘削により、爆薬理学試験室の基礎は GL-150cm に独立基礎による 1.8 ～ 2m 四方の基礎を置いている。周囲は、布基礎状の基礎が巡っていることとみられる。また、目視等による建物の経年劣化について懸念があり、適切な補修が必要である。

⑫物理試験室 C 棟：平成 29 年 12 月におこなわれた評価によると、Y 方向の構造耐震判定指標を下回っている。また、CB（コンクリートブロック）壁による閉塞部分が地震により倒壊する恐れがあることや、Exp. J（エキスパンションジョイント）間隔が不足しているため、隣接する棟との境界部が損傷を受ける可能性があるほか、基礎形状や地耐力が不明であると指摘されている。

基礎の掘削により、基礎形状は GL-240cm に独立基礎による 1.5 ～ 1.6m 四方の基礎であることを確認した。周囲

は、布基礎状の基礎が巡っているとみられる。また、目視等による建物の経年劣化状況について懸念があり、適切な補修が必要である。

⑬物理試験室 D 棟：平成 29 年 12 月におこなわれた評定によると、X 方向および Y 方向ともに構造耐震判定指標を下回っている。また、CB 壁が地震の際に崩壊する可能性があること、Exp. J 間隔が不足しているため、隣接する棟との境界部が損傷を受ける可能性があること、鉄骨トラス梁について、長期＋鉛直深度 1.0G で 13 ヶ所、長期＋水平振動 1.0G で 3 ヶ所が NG となる部材が確認されている。

基礎の掘削により、基礎形状は GL-185cm において 880 × 530cm の大きさと厚さ 45cm のコンクリート製のベース上に煉瓦造の柱を支える形で独立基礎が乗っている。周囲の配管が多かったため、外周の基礎形状を確認することができなかった。また、目視等による建物の経年劣化状況について懸念があり、適切な補修が必要である。

⑭物理試験室 E 棟：平成 29 年 12 月におこなわれた評定によると、構造耐震判定指標を上回っていることを確認している。CB 壁による閉塞部分が地震の際に崩壊する可能性があること、Exp. J 間隔が不足しているため、隣接する棟との境界部が損傷を受ける可能性があること、鉄筋の腐食状況を確認し、適切な補修措置をとることが提起されている。

爆薬理学試験室の基礎は、GL-210cm において 110 × 132cm の大きさと厚さ 20cm のコンクリート製のベース上に煉瓦造の柱を支える形で独立基礎が乗っている。周囲は GL-40cm 程度の布基礎が続いていると見られる。また、目視等による建物の経年劣化状況について懸念があり、適切な補修が必要である。

○現地における液状化の可能性について

調査の結果、基礎に影響を及ぼす液状化発生の可能性が低く、長期的な圧密沈下を生じるような軟弱な粘性土層の分布も見られなかった。

○構造物の外観変状調査

外観の観察により、以下の構造物について変化が生じていると推測される。

北側土塁の土留：土塁の表層土砂の崩れによって生じたものと考えられる、擬木杭の乱れが部分的に見られた。また、RC 造擁壁の東端の控え壁に損傷が見られた。

北側及び南側土塁：特記すべき変状は見られなかった。

弾道管：外面にはエフロレッセンス（コンクリートの可溶成分が溶出し、表面で空気中の炭酸ガスと結合することで沈着した白色物質）を伴ったひび割れとかぶりコンクリートの剥落による鉄筋の露出が確認できる。

加温貯蔵室：外壁の仕上げおよびかぶりコンクリートの剥離と剥落が散見され、一部で鉄筋が露出している。東側と西側の建具は腐食による穴が確認できる。内部のペンキは著しく剥がれている。その他、軽微な劣化が建物全体で見られた。

RC 造塀：地震時の振動か東側の塀を撤去する際に生じたものと考えられる北側に 4 度の傾きが見られる。

煉瓦塀：壁断面を貫通している斜めひび割れが 2 ヶ所見られた。

煉瓦積み擁壁：地震時の振動あるいは東側の塀を撤去する際に生じたものと考えられる擁壁天端の煉瓦にズレが見られた。また、擁壁天端背面に切株が数ヶ所見られる。