

品川台場史跡の地盤工学的知見

Sinagawa-Daiba of Historical Site from Soil Engineering Knowledge

川 邊 一 洋 (かわべ かずひろ)

(公社)地盤工学会 (正会員)

1. はじめに

品川台場は、鎖国を布いていた江戸時代の幕末、嘉永6(1853)年6月、アメリカの東インド艦隊司令官ペリーの開国(黒船来航)の求めを機に、品川沖海上の防衛に備えた「砲台場」を1年余の期間に当初11か所計画がなされた。現在史跡として保存されているのは、第三台場と第六台場の二か所だけとなる。

図一の品川台場築造図¹⁾に、その概略の配置を知ることが出来る。第八台場から第十一台場は、工事未着手に終わり、第四台場と第七台場は途中で築造中止になる。それから第一台場と第五台場は、昭和30年代前半の港湾事業整備に伴う埋め立て造成による品川埠頭整備地区内部に取り込められ、同じ頃東京湾内の航路整備のため第二台場の解体撤去が行われている。

現存する品川第三台場と品川第六台場(以下、第三台場と第六台場と呼ぶ)は共に、大正15(1926)年10月20日に天然記念物保護法より史跡指定が行われ、特別史跡名勝天然記念物及び史跡名勝天然記念物指定基準(昭和26年10日文化財保護委員会告示第二号)の史跡(我が国の歴史の正しい理解のために欠くことができず、かつ、その遺跡の規模、遺構、防塁、古戦場跡その他政治に関する遺跡を史跡指定の理由)²⁾とされている。

写真一と写真二は、現在の品川台場をレインボーブリッジの歩道上から撮影した。第三台場は、相対保存

(原形を失わない範囲で人為を加えて保存)として立ち入りが自由な公園になっている。一方の第六台場は、絶対保存(原形のまま原位置保存)とされ自由な立ち入りが出来ない動植物の自然保護区になっている。

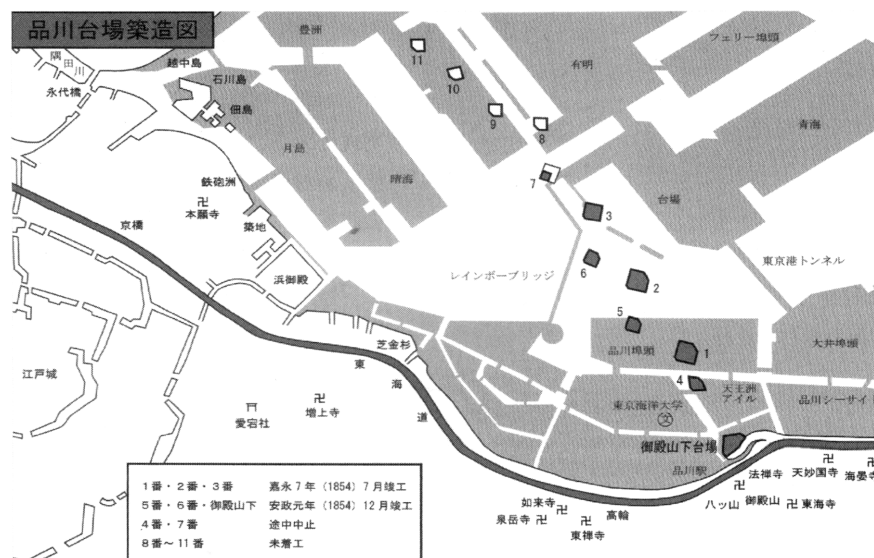
160年前、東京湾内の海上に大容量の土砂と木杭を用



写真一 現況の第三台場



写真二 現況の第六台場

図一 品川台場築造図(出典:品川区立品川歴史館資料¹⁾)

い、その堤体外周に巨大な石垣を据え墨壁を構築すると云う類を見ない事業であったと思える。その対応技術力の高さと短期間の実行力に今更ながら敬服する。恐らく予定の工期と台場の配置は重要な目標設定であり、地盤の良し悪しを前もってどのように判断されたかその証拠は不明である。今日、歴史的な台場の直下と周辺地盤の状況を知ることは、学術的に意義深いものとなる。

正垣孝晴委員長をはじめとする27名の委員からなる地盤工学会関東支部の「江戸期以降の土木史跡の地盤工学的分析・評価に関する研究委員会」に参画し、筆者らは、この品川台場に関する地盤情報の収集を始めた。

本投稿では、品川台場史跡に関連する書籍や既往の地盤データ等に基づき、大地震の被災歴と併せて海底地盤の圧密状況について、概要をお伝えすることとした。

2. 品川台場の形状並びに工事概要

2.1 築造計画時の台場形状

計画当初の第三台場と第六台場について「陸軍歴史資料」²⁾にみる平面図形の縮尺を概略合わせて図-2に示した。現況の海底地形を含めた詳しい寸法形状については、社団法人土木学会（平成4年）で実測された報告書（その3）⁴⁾が存在し、同図書室で閲覧ができる。

2.2 工事概要²⁾

第三台場の指定地積8526坪、周辺30間（約54m）以内の海面下の捨石部分を含む5稜形、嘉永6（1853）年8月21日に普請初め、安政元（1854）年4月竣工、墨壁海面からの高さ3間1尺8寸（約5.74m）、堤体上面の高い所で5間4尺6寸（約9.14m）などの記述がある。

第六台場の指定面積5432坪、同じく周辺30間の海面下の捨石部分を含む6稜形、安政元（1854）年1月着

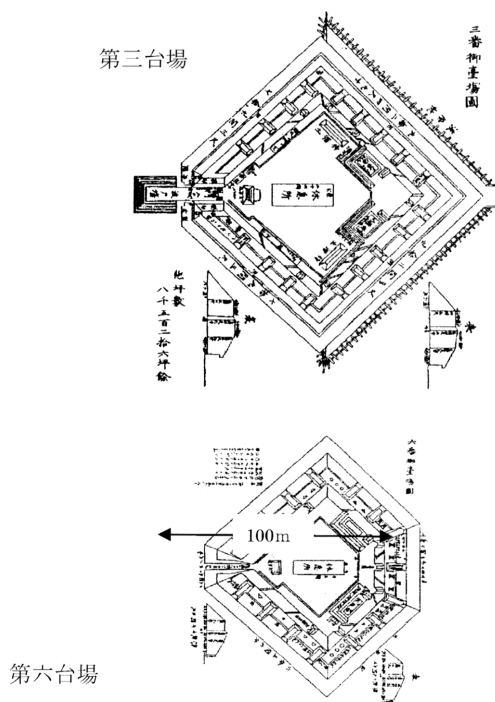


図-2 資料に見る第三台場と第六台場の計画図

工、同年12月25日に竣工、墨壁の高さや堤体上面の高さは第三台場と同じ設定になっている。つまり、軟弱層厚が異なれば盛土層の厚さや海面からの墨壁天端の高さは、実測との差が生じている状況と思われる。

3. 大地震と台場の被害について

3.1 安政の大地震被害

品川の諸台場が完成した後の安政2（1855）年10月2日に発生した大地震は、「江戸地震」³⁾とも呼ばれ、下町で特に被害が大きく、 $M7.0\sim 7.1$ 、死者4千余と記されている。図-3は、港区立みなと図書館蔵の「内海五箇所御臺場石垣築直箇所絵図面」に基づき、第三台場石垣について修理した個所を描いた絵図である。石垣隅角部分に偏った地震被害の特色は、関心事の一つでもある。

一方の第六台場は、被害程度が軽いため修理を見合わせたとある。被害の程度が生じた素因は何なのか、興味深い事柄である。なお、各台場を担当している藩の記録には「平地内所々割、汐水吹出、あるいは陣屋が地震によって潰れて出火、また台地内の地面一体に高低が出来たなど」の記述がある²⁾。これは、場内の平地において液状化の発生状況を伝えた興味ある記述である。

3.2 大正の関東地震

大正12（1923）年9月1日、「関東地震」 $M7.9$ では、全体で死・不明者14万2千余とある³⁾。両台場内部休息所（陣屋）は、屋根瓦がずり落ちる等崩壊寸前の被害を蒙ったとの写真や記述²⁾があるほか、注目すべき事象としては第三台場沖側の石垣が、写真-3の如くV字型に3か所崩落した様子について地盤と地震との関連で重視する。台場築造直後の江戸地震と68年の時間経過

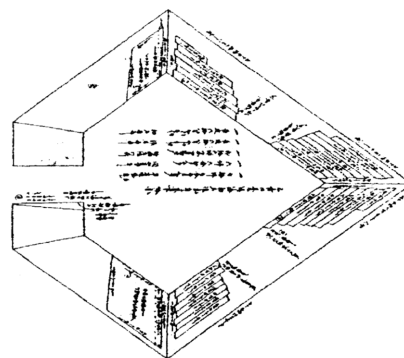


図-3 第三台場の石垣修復箇所（江戸地震）

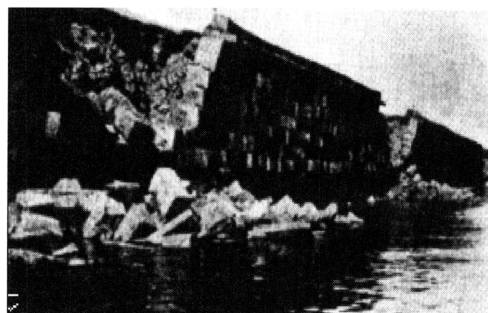


写真-3 第三台場石垣の被害状況²⁾（関東大震災）

報 告

を経た関東地震との規模等の違いを有するも、何故に両台場において石垣の被害が異なるのか、今後の課題としたい。

3.3 平成の東北地方太平洋沖地震

記憶に新しい平成23(2011)年3月11日の「東北地方太平洋沖地震」「東日本大震災」とも呼ばれているM9.0(9.1)の地震³⁾は、巨大な大津波を伴い死・不明者を含め2万1千人を超えている。関東地方では、継続時間が約2分を超える大変長く強い揺れを伴い、広域的な地盤の液状化被害をもたらした。

この地震では、第三台場や第六台場において目視された被害・損傷の記録はないようであるが、昭和45年設置から平成23年まで東京都港湾局で経年的に計測されている地盤の沈下及び地下水位の観測データにより第三台場(堤体天端)上に設置されている標点において32.5mmの沈下が生じていた。この沈下は砂層の再圧縮なのか、軟弱層の側方変位によるのか、興味深いデータと思える。

4. 既往の土質調査関連資料

4.1 品川台場の場内外の土質調査資料

平成4年3月東京都南部公園緑地事務所の委託により社団法人土木学会が受託し「台場公園の保護とその利用に関する調査委託(その3)」報告書⁴⁾に基づいた地盤調査が、第三台場内で5本、第六台場内で3本それぞれ実施されていた。そして台場の北側に位置する東京港湾連絡橋(レインボーブリッジ)に沿って、台場地区海上部地質調査⁵⁾が昭和59年度と昭和60年度に行われていた。この度、東京都港湾局港湾整備部技術管理課の協力を経て、関連する多くの調査資料を提供して頂いた。これらの資料に基づき、表-1に該当のボーリング孔口の標高をまとめて表示し、その調査位置を図-4に示した。

図-5は、それぞれの台場中央部を通る部分について

表-1 ボーリング地盤標高

地点	第三台場内					第六台場内		
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8
AP	2.76	9.64	9.46	7.34	7.67	3.14	10.05	9.44
地点	レインボーブリッジ(連絡橋)							
	第三台場北側				第六台場北側			
	a	b	c	d	e	f	g	d
AP	-9.42	-9.34	-10.12	-11.01	-9.87	-9.85	-10.11	-10.07

推定地層断面の作成を行った。なお、推定地層断面図に付した①~⑥は、地層識別の為に付した番号である。

次頁の表-2には、圧密層毎の代表的な物理特性について、その平均値と標準偏差とをまとめて示した。その液性限界と塑性指数を基に各地層を構成する土の分類を図-6の塑性図に示した。台場直下の①と②の地層は、ばらつきの大きいシルト(MH)に分類され、連絡橋の海底地盤(③~⑥)は、いずれも高塑性な粘土(CH)からなる。地層②の平均的な物性値は、塑性指数の値が低く異なる点を除いて、地層③及び⑤の圧縮指数を含めて類似した地層となる。図-7は、台場毎のボーリング調査におけるN値から30以下の値に限定拡大した深度分布の状況を示した。第三台場の南東部側は、礫層や暗茶褐色の凝灰質粘性土層が分布し、相対的に安定した埋没台地と思える⁶⁾。第三台場直下の地層は、北西部側に傾斜をなし、軟弱な圧密層の堆積厚に相応し、石垣天端において約1.5m強の不同沈下を伴っている。

一方、第六台場は均一な軟弱層が水平に厚く堆積した状況となっている。堤体盛土のN値は相対的に第三台場の方が低くばらついている。推察するに、地震での崩れや材質ないしは施工の影響を留めている状況と思える。また、両台場は完新世(沖積層)特有の砂層上に設置され堤体直下のN値は高く締まり、場内低地部のN値は低く緩い状況である。なお、台場内盛土部の地下水位(孔内水位)は、AP+1mとなっている。

4.2 台場の直下と近傍の圧密状態

図-8は、軟弱粘性土の圧密降伏応力をプロットしたグラフである。図中には、台場外周の堤体部(鎖線)と内側の低地部(一点鎖線)の標高に応じた地中有効応力線(土被り圧)2本を外挿し、海底地盤に関しては連絡

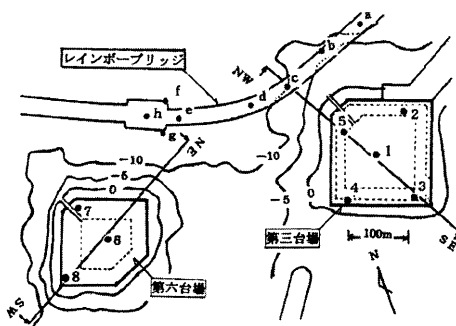


図-4 ボーリング調査位置図と海底地形図

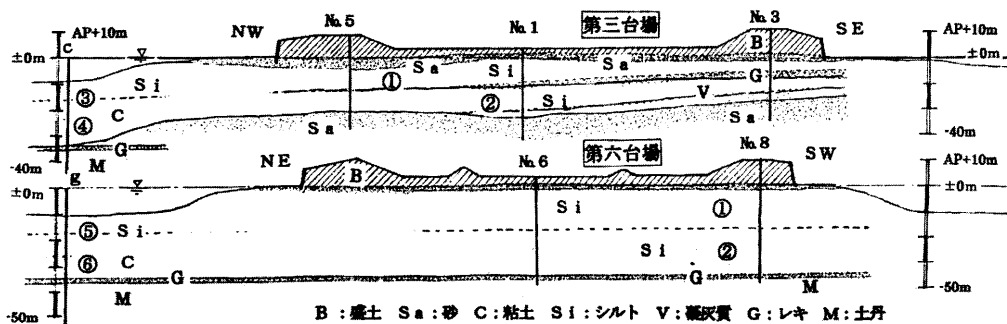
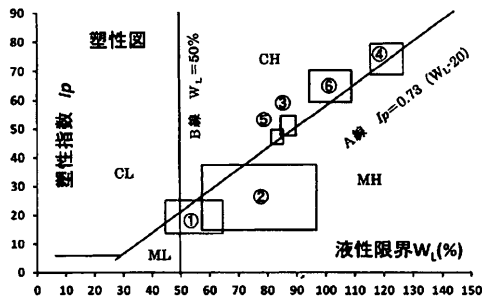


図-5 推定地層断面図 (V/H=1/1)

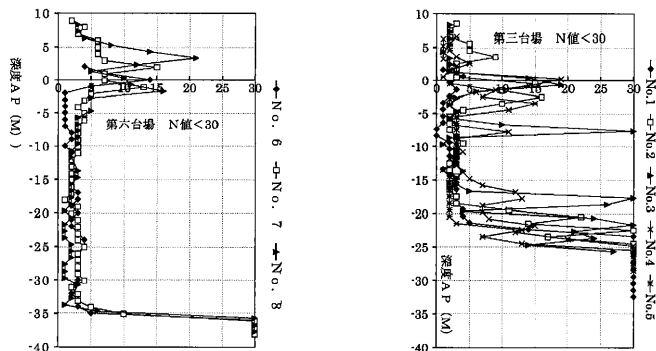
表一 各圧密層の物理特性の平均値と標準偏差

地層	台場直下		連絡橋(a~d)		連絡橋(e~h)	
	④	②	③	④	⑤	⑥
ρ_t	16.9±0.9	15.7±1.2	15.5±0.7	14.4±2.6	15.4±0.7	14.8±0.2
#n	53.9±10.6	77.3±21.3	78.5±8.2	103.9±9.3	71.5±2.4	88.8±6.2
w_L	54.7±10.1	77.0±19.7	87.1±2.6	120.9±5.6	83.3±2.1	101.5±7.2
I_p	19.5±5.7	26.2±11.3	51.2±3.5	74.0±5.3	47.2±2.5	64.7±5.4
Cc	0.51±0.10	0.86±0.25	0.81±0.16	1.35±0.22	0.80±0.13	1.25±0.14

ρ_t (t/m³): 湿潤密度, w_L (%): 自然含水比, w_L (%): 液性限界, I_p : 塑性指数, C_c : 圧縮指数



図一六 塑性図における圧密地層識別

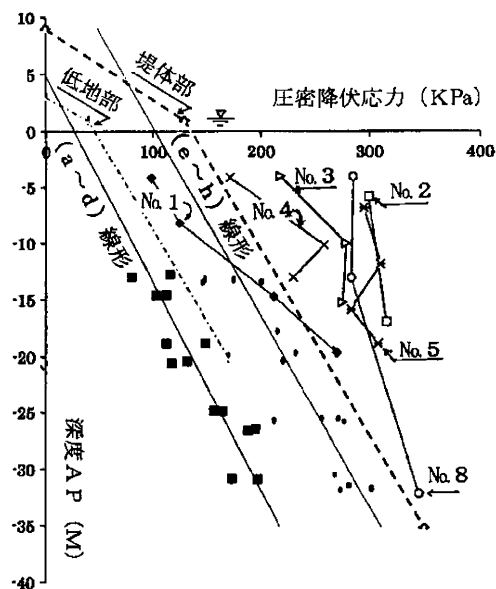


図一七 台場場内 N 値の深度分布

橋エリアにおいて2ブロック(a~d, e~h)に分けたデータに基づく最小2乗近似直線を2本記入した。台場低地部(中央のボーリングNo.1)の土被り圧に対するOCRは1.3~1.6と下位に大きくなる。一方、高く盛土された堤体部直下の土被り圧に対しては、上位において1.6~1.7の高い部分(No.2, No.3, No.5, No.8)と、1.1以下の正規圧密状態に近い部分(No.4)とが存在する等堆積環境における複雑さを感じる。紙面の制約と第六台場の圧密試験データも少なく時間効果については、考察するに至れなかった。しかし、圧密降伏応力の深度分布は、荒川谷筋沿いにおける東京礫層以深からの地下水汲上による状況⁷⁾と異なり、品川台場の位置する古神田川谷筋の海底地盤を含めて深い深度から圧密が進行していないようである。つまり、台場近傍(レインボーブリッジ側)の海底地盤の圧密履歴状況は、約AP+2m弱から約AP+5m強の砂州の様な上載履歴圧の存在が推察される。

5. おわりに

品川台場に関連する資料を収集するに際し、多くの



図一八 圧密降伏応力の深度分布

方々のご協力を仰ぎました。ここに、お名前を掲げ御礼を申し上げます。

東京都土木技術支援・人材育成センター技術支援課・国分邦紀氏を始め、東京都港湾局港湾設備部技術管理課指導係主任・森洋博士に関連資料を頂き、港区図書・文化財課文化係主査(学芸員)高山優氏の計らいで第五台場遺跡の発掘調査現場を見学できたこと、そして過日、(株)日建設計シビル設計部上席調査役・杉本隆男博士の貴重なアドバイスを頂き、土木史跡委員会活動の一環として、本稿を作成することが出来ました。

最後に、年代を重ねる毎に風化・劣化が避けられない史跡を支える軟弱地盤の時間効果や大地震に対する安全性の確保については、不明な点も多く簡便な原位置調査方法の技術開発と併せ動的な地盤解析技術の発展に期することが多くあるように思います。

参考文献

- 1) 品川区立品川歴史館平成23年度特別展：品川御台場—末期江戸湾防備の拠点—, pp. 138, 2011.
- 2) 佐藤正夫：品川台場史考—幕末から現代まで—, 理工学社, pp. 196~198, pp. 90~91, pp. 109, pp. 79~81, pp. 173~176, 1997.
- 3) 国立天文台編：理科年表(平成25年), 日本付近のおもな被害地震年代表, pp. 739, pp. 744~745, pp. 754, 2013.
- 4) 東京都南部公園緑地事務所：台場公園の保護とその利用に関する調査委託(その3)報告書, (社)土木学会, pp. 239~258, 2009.
- 5) 東京都港湾局港湾整備部技術管理課：昭和59年度/昭和60年度東京港湾連絡橋台場地区海上部地質調査データ.
- 6) 東京都(区部)大深度地下地盤図—東京都地質図集6—：東京都土木技術研究所, pp. 32, 1969.
- 7) 中村正明・中山俊雄：江東地区における沖積粘性土の圧密特性, 平11.東京都土木技研年報, pp. 167~178, 1999.

(原稿受理 2014.1.16)