

## 我が国近代初頭における海上砲台築造技術の変遷

## －台場から海堡へ－

## Transition of marine Fortress construction technology in the early modern period in Japan - From fort to artificial island sea fort -

野口孝俊<sup>1</sup>

1 関東地方整備局・横浜港湾空港技術調査事務所

## 概 要

1854年のペリー再来航以来、江戸幕府は東京湾の海岸防御体制を固めるため、江戸防御のために品川台場を構築し、横浜開港に合わせ神奈川台場を築造した。いずれも海上に人工島を建設し、陸地部に大砲を配備したものである。1871年、明治政府は日本列島要塞化に取り組むことを決め、その一環として東京湾には第一海堡、第二海堡、第三海堡の建設を進めた。海堡は台場と比較して沖合の水深が深い位置に建設されたが、波浪にも耐えうる石積護岸構造など、従来の国内建設技術を踏襲しつつ西洋の新しい技術も導入して建設されたものと推測される。本稿は、品川および神奈川台場の建設仕様から日本の海上砲台建設技術を整理した上で、品川台場から第二海堡までの特徴を比較して海上砲台建設技術の変遷をまとめたものである。

キーワード：台場、海堡、人工島、築造技術

## 1. はじめに

1854年のペリー再来航以来、江戸幕府は東京湾の海岸防御体制を固め、江戸防御のために1854年に品川台場を築造<sup>1)</sup>し、横浜開港に合わせ1860年には神奈川台場を築造<sup>2)</sup>した。いずれも海上に石積み護岸の人工島を造成した上に大砲を設置したものであり、品川台場は西洋築城技術を採用して築造された。神奈川台場の建設に関する技術的研究は少ないが、品川台場と同様の築城技術であると考えられる。

神奈川台場周囲の海域は1906年頃から埋め立てられ<sup>3)</sup>、現在では石積の一部が露頭しているのみで、それ以外は土中に存置されており、横浜市の周知の埋蔵文化財包蔵地に登録との扱いである。一方、品川台場は1916年（大正5）国史跡に指定され文化財として保存されており、場所が観光地であることから知名度は高い。

神奈川台場は横浜開港に合わせて建設されたが、その目的は、横浜港開港にあたり、治安を確保するためとしている。しかし、実際の建設目的は、開港後にも横浜港に近い場所において、更に台場を築造しようとしていた事例<sup>4)</sup>があることを踏まえると、幕府としては鎖国を解除したものの、列強各国に対して植民地にはならないことを、威圧をもって宣言するための施設として建設したと推測される。

再度、鎖国政策を講じる可能性をもった時期における歴史的な施設であるにも関わらず、明治後半から外周地区が埋め立てられ、現在では一部の石積みを露頭させ公園化しているが、全国的には存在が知られていない台場である。

明治政府は日本列島要塞化に取り組むことを1871年に決め、その一環として東京湾には第一海堡、第二海堡、その後第三海堡の建設<sup>5)</sup>を進めた。海堡と呼ばれるのは国内で三施設しかないが、台場と比較して沖合の水深が深い場所に建設され、波浪にも耐えうる石積護岸構造など、従来の建設技術を踏襲しつつ西洋からの新しい技術も導入して建設されたものである。海上における砲台（Fort）であれば、台場との名称でも良いと思われるが、あえて海堡としたのは、明治政府の意図であるとも考えられる。

品川台場の建設技術は東京都による撤去工事の際に多くの研究がなされ西洋築城技術により建設されたことが確認<sup>6)</sup>されている。また、石積築造技術は日本古来の築城技術によることも研究<sup>8)</sup>されている。神奈川台場や東京湾海堡は一部の調査結果から傾向が見えてきているが、既往の文献が少なく全容の解明にまでは至っていない。

本稿では神奈川台場の建設仕様を中心として、日本在来の建設技術と西洋築城技術との違いを整理した上で、品川台場（第3台場）から第三海堡までの特徴を比較して海上砲台建設技術の特徴をまとめたものである。

表 1 主な海上砲台の築造時期

竣工年		施工者	海上台場	陸上台場（新設建設時）	現住所
西暦	和暦				
1811	文化 8 年	白川藩		富津, 竹ヶ岡	千葉県富津市
1812	文化 9 年	徳川幕府		観音崎, 猿島	神奈川県横須賀市
1848	弘化 4 年	彦根藩井伊家		千駄ヶ崎, 剣崎, 荒崎, 箭山, 大浦山	神奈川県横須賀市
		忍藩		大房崎	千葉県富浦町
1848	嘉永元年	浦賀奉行所		千代ヶ崎・亀甲岸	神奈川県横須賀市
1850	嘉永 3 年	川越藩		島ヶ崎, 亀ヶ崎, 鳶巣	神奈川県横須賀市
1853	嘉永 6 年	佐賀藩鍋島家		神の島, 伊王島	長崎県長崎市周辺
		浦賀奉行所		明神崎	神奈川県横須賀市
1854	嘉永 7 年	薩摩藩島津家	弁天波戸, 祇園洲	大門口, 新波戸, 天保山	鹿児島県鹿児島市
1854	安政元年	徳川幕府	品川台場		東京都品川区
1859	安政 6 年	伊予松山藩松平家	並木町台場		神奈川県横浜市
1860	万延元年	伊予松山藩松平家	神奈川台場		神奈川県横浜市
1863	文久 3 年	薩摩藩島津家		天保山	鹿児島県鹿児島市
1866	慶応 2 年	徳川幕府		函館五稜郭	北海道函館市
		田野口藩松平家		竜岡五稜郭	長野県佐久市
1890	明治 23 年	陸軍	第一海堡		千葉県富津市
1903	大正 3 年	陸軍	第二海堡		千葉県富津市
1921	大正 11 年	陸軍	第三海堡		神奈川県横須賀市

## 2. 海上砲台の歴史

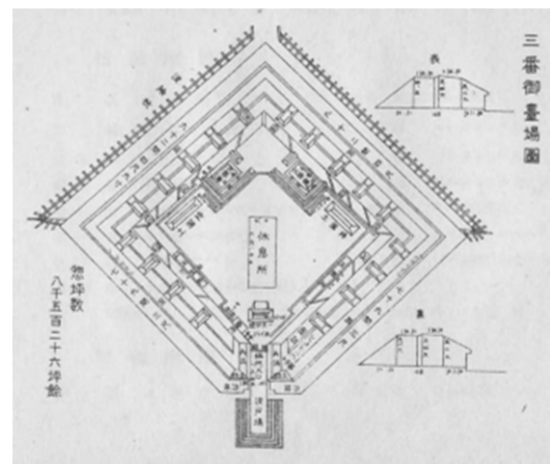
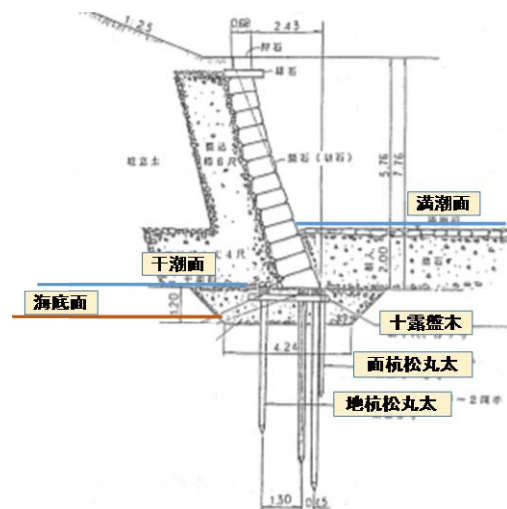
### 2.1 国内における海上砲台について

表 1 に我が国における主な海上砲台の築造場所を示す。1600 年代、江戸幕府の鎖国政策を実行するに併せて、長崎に砲台を陸上に築造しているが、海上に砲台が作られた記録は無い。横須賀市猿島にも砲台は設置されたが、自然の島に大砲を設置しているため海上砲台とは言えない。

1843 年のアヘン戦争により清国がイギリスに敗れ、日本近海にも外国船が見られた。日本への侵攻を恐れた江戸幕府は、東京湾の入り口である神奈川県横須賀市観音崎や千葉県富津市富津の陸上部に台場を複数設置した。1854 年にイギリスの攻撃を防ぐため薩摩藩が鹿児島湾の岩礁や浅瀬を埋め立てたのが、弁天波戸と呼ばれる海上台場の始まり<sup>9)</sup>とされる。その後、ペリー来航以来、東京湾には海上において、品川台場、神奈川台場、東京湾要塞の第一・第二および第三海堡が築造された。なお、表 1 において赤字で示した砲台は西洋築城法を採用しているとされ、函館五稜郭は有名な観光地として公開されている。

### 2.2 品川台場の概要

品川台場の建設目的は、諸外国との交戦も想定し得る事態になる可能性が高まったことから、江戸城の防備として築造するものであった。11 の台場を 2 列に配置する計画ではあったが、実際には 1 番から 7 番まで着工し、完成したのは 1 から 3 番と 5 番 6 番のみである。西洋城郭法を採用した意義や幕末期の江戸城防衛という歴史的な価値が認められたことから、1925 年に国史跡に指定され、3 番と

図 1 品川第三台場平面図<sup>10)</sup>より転載図 2 品川第三台場断面図<sup>8)</sup>より転載

6番台場が現存し、3番台場(図1)は公園として公開されている。また、撤去した台場の調査(図2)により築造法などがまとめられており技術面からの研究<sup>9)</sup>も進んでいる。本稿では、建設記録が多く残されている第3台場について比較対象とした。

### 2.3 神奈川台場の概要

1859年5月、幕府は日米通商条約に基づく「横浜開港」に合わせて伊予松山藩に命じ、勝海舟の設計により海防砲台を築造した<sup>11)</sup>。陸上から土橋を通じて海に突き出した陵形(図3)で、工期約1年により1860年6月竣工した。築造後は敵艦船を攻撃したことはなく、礼砲として使用された<sup>12)</sup>。現在は、周囲が埋め立てられ、一部の石積みが公開されているが、全容は把握されておらず、神奈川台場周辺の「区画整理事業」が進行している。

### 2.4 東京湾要塞における海堡の概要

1881年に富津岬の先端の海中において、富津海堡の建設が着工した。この富津海堡が後の第一海堡になる。第一海堡は9年の歳月をかけて1890年に竣工し、その前年の1889年に第二海堡の建設が着工する。第二海堡着工の3年後の1892年には第三海堡の建設が着工された。その後、人工島部分は第二海堡が1900年、第三海堡が1907年に竣工している。1878年の野蒜港築港が日本で最初の港湾工事であるが、野蒜港は河川沿いに建設されていることから海上工事としては、第一海堡が日本初の工事である。更に、第二海堡は、水深が-10mと深い条件下であることから、

すべての工種を海上で実施した「本格的な海上工事」であるといえる。また、第三海堡は-39mの大水深に築造された人工島であり、世界的にも難工事であったとの記録<sup>5)</sup>が残されている。

### 3. 東京湾海上要塞における建設技術の変遷

品川台場、神奈川台場、第一から第三海堡の既往文献より建設に係わる内容について表3および表4のとおり整理した。

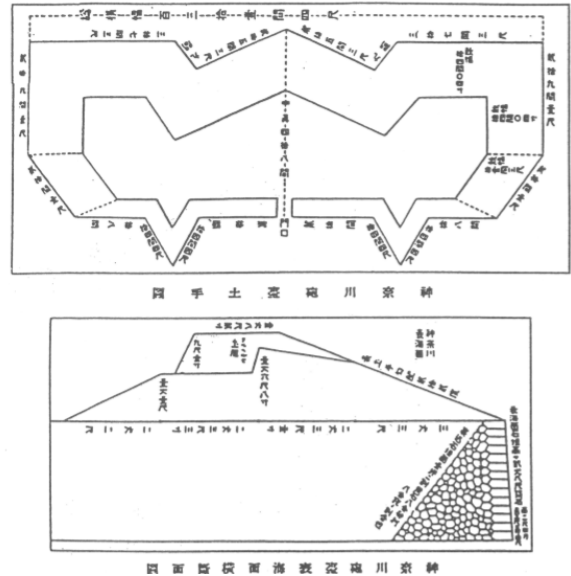


図3 神奈川台場平面図および断面図

表3 海上要塞築造計画の比較

名称	品川台場(3番)	神奈川台場	第一海堡	第二海堡	第三海堡
設計者	江川太郎左衛門英竜	勝麟太郎、佐藤政義	陸軍	陸軍	陸軍
施工主体	徳川幕府からの民間の請負	伊予松山藩松平家	陸軍	陸軍	陸軍
建設目的	江戸城防衛	横浜開港警備	東京湾への侵入を防御		
規範(推測)	エンゲルベルトの築城書	オランダ築城書orフランス軍艦副館長指導(函館奉行所)	建設途中からオランダ人工兵大尉ワンスケランベックの助言	砲台築造通則(コンクリート部)、お雇い外国人の関与なし	第一第二海堡建設実績および留学経験者指導
工期(完成工期)	1855.5-1856.4(嘉永6) (1番-3番同時施工)	1859.8-1860.4(安政6)	1889(明治14)-1890(明治23)	1889(明治22)-1914(大正3)	1892(明治25)-1921(大正10)
期間	約12か月	約12か月	約113ヶ月	約288ヶ月	約356ヶ月
基礎部工期	1855.8-1856.2	不明	1889(明治14)-1887(明治20)	1889(明治22)-1899(明治32)	1892(明治25)-1907(明治40)
基礎部期間	0.5年	0.5年	約71ヶ月(約6年)	約120ヶ月(約10年)	約183ヶ月(約12年)
工費	約12万690両	約5万2千200両	17万2千965円	29万6千796円	179万5千415円
工費(現在価格)	約44億円	約18億円	約14億円	約30億円	約94億円
形式	5稜形(隅は算木積)	稜形(隅は算木積)	海堡(への字、隅は円形)	海堡(への字、隅は円形)	海堡(頭部正方形尾部円形)
陸上からの距離(m)	約2km(品川宿目黒川)	陸続き渡道188m(漁師町)	1.4km(富津岬)	約4km(富津市岬)	2.6km(横須賀市走水)
横幅(m)	約185	237	右翼116左翼272 (空中写真測量)	右翼190左翼240	尾部92
奥行(m)	110	86	65	65	頭部167
面積(m <sup>2</sup> )	約28,135	約19,537	約23,000(満潮時面積)	約41,000(満潮時面積)	約26,000(満潮時面積)
埋立土量(m <sup>3</sup> )A	376,867	228,602	203,000	785,000	3,322,000
捨石材数量(m <sup>3</sup> )B	8,218	220,602	73,264	485,968	2,781,864
埋填砂数量(m <sup>3</sup> )C	376,867		129,385	299,243	540,816
A+B+C(m <sup>3</sup> )	761,952	449,204	405,649	1,570,211	6,644,680
概算人夫数(人)	不明	380,000	316,776	495,855	435,290
換算人夫当たり土量	-	1.2	1.3	3.2	15.3

表4 各海上要塞の築造諸元比較

名称	品川台場 (3番)	神奈川台場	第一海堡	第二海堡	第三海堡
設置水深TP (m)	約-1m	約-1m (推定)	-1.2m~-4.6m	-8m~-12m	-39m
潮流速度 (m/s)	不明	不明	1	1.2	1.5
波対策	・防波杭 ・石垣下端部の海底面は張石 施工有り	不明	・被覆コンクリート ・浪除石	・全周傾斜式間知石護岸+被覆コンクリート ・裏側護岸前面に防波壁	・防波壁の上部にバラベツト 施工 ・護岸前面にケーソン設置
石積み種類	表面：切石布積み 裏面：一部乱積み	全面：布積み間知石	全面：野面積み自然石	全面：谷積み間知石	海中部のみ布積み間知石
石積み天端高 (m)	TP+5.74 (海面からの3間1尺8寸)	TP+5.9	TP+6.0	TP+6.0	TP+6.0
石積み天端	芻出	不明	笠石	笠石	上部コンクリートバラベツト
石積み基脚水深 (m)	±0m	不明	-2m	-4m	-3.2m
石積み勾配	65°	65°	18° (1:3)	係留部平均60°南側護岸約30° 北側護岸40°~50°	71° (1:1/3)
被覆石重量(大型)			自然石(円石)2.27t	間知石(方台石)1.74t以上	間知石(方台石)1.74t以上
被覆石体積(大型)	面2尺石	面2尺2寸控え2尺5・6寸より3尺	円石34立方尺(0.95m <sup>3</sup> )	方台石26立方尺(0.72m <sup>3</sup> ) 以	方台石26立方尺(0.72m <sup>3</sup> ) 以
被覆石重量(小型)	不明	不明	1.74tないし1.2t	1.54t以上	1.54t以上
被覆石体積(小型)	不明	面1尺7寸控え2尺より3尺	26ないし18立方尺	23立方尺以上	23立方尺以上
捨石重量(大型)	不明	不明	267kg以下34kg以上	201kg以下67kg以上	201kg以下67kg以上
捨石体積(大型)	不明	不明	4立方尺(111305cm <sup>3</sup> )以下2分の1以上	3立方尺(83479cm <sup>3</sup> )以下1立方尺(27826cm <sup>3</sup> )以上	3立方尺(83479cm <sup>3</sup> )以下1立方尺(27826cm <sup>3</sup> )以上
捨石重量(小型)	不明	不明	134kg以下17kg以上	67kg以下17kg以上	67kg以下17kg以上
捨石体積(小型)	不明	不明	2立方尺(5653cm <sup>3</sup> )以下4分の1以上	1立方尺(27826cm <sup>3</sup> )以下4分の1以上	1立方尺(27826cm <sup>3</sup> )以下4分の1以上
石積み接合	隅角の算木積み部に鉄ダボ	隅角の算木積み部に鉄ダボ	無し	無し	不明
石積み基礎	基礎杭松丸太 十露盤木土台	岩床上松栗材の捨土台 基礎杭松丸太 十露盤木土台	不明	不明	無し
石積産地と材質	伊豆・相州堅石 (真鶴産の輝石安山岩)	伊豆堅石	安山岩	相州堅石安山岩 (石橋・江之浦・岩村・真鶴), 石 (鷹取山・鋸山)	相州堅石安山岩 (石橋・江之浦・岩村・真鶴), 石 (鷹取山・鋸山)
石積裏込材と産地	割栗石 (豆州・相州の堅石), 切込砂利 (本牧・玉川・大井村), 三浦岩屑 (相州三浦郡)	割栗石、砂利、三浦石	豆州・相州の堅石	豆州・相州の堅石	軟質砂岩 (神奈川県三浦郡浦賀町字走水陸軍省所轄地官山), 栗石 (神奈川県三浦郡横須賀町字勝力陸軍省所轄地)
埋立土産地	・高輪泉岳寺境内の山 (関東ローム層) ・三浦土丹岩	・神奈川宿権現山人力運搬600m ・横浜市磯子	富津市海岸砂	富津市海岸砂	横須賀市久里浜
運搬方法	・泉岳寺前「土出場」より「土?船」で海上輸送 ・石材船積み (真鶴)	・権現山人力 (埋土) ・磯子船積み (土丹)	・砂船積み (富津海岸) ・石材船積み	・砂船積み ・石材船積み	・砂船積み ・石材船積み
その他材料	鉄ダボ (千切)	鉄ダボ (千切)	コンクリート, 煉瓦, アスファルト, 鋼材	コンクリート, 煉瓦, アスファルト, 鋼材	RC, 煉瓦, アスファルト, 鋼材
関東大震災の被害	一部の石積みが崩壊	不明	被害なし	地下通路の床が1m上昇 一部の砲床が傾斜	全島に渡り数m沈下 即時除籍
参照文献	東京都：東京市稿 港湾編第2, 1976.5.30. 浅川道夫：お台場 品川台場の設計・構造・機能, 2009.	土木学会：明治前日本土木史	東京湾口航路事務所：第三海堡建設史 日本帝国海堡建築之方法及景況説明書, 米国公文書館 (NARA) 蔵, 1906.10.3.	東京湾口航路事務所：第三海堡建設史 日本帝国海堡建築之方法及景況説明書, 米国公文書館 (NARA) 蔵, 1906.10.3.	東京湾口航路事務所：第三海堡建設史 日本帝国海堡建築之方法及景況説明書, 米国公文書館 (NARA) 蔵, 1906.10.3.

### 3.1 台場および海堡の設計規範

品川台場の規範はオランダの「エンゲルベルツの築城書」とされ<sup>9)</sup>、設計者が蘭学者である勝海舟とされる神奈川台場も同時期の築造であることから規範は同じと考えられる。第一海堡は太平洋戦争にも砲台として利用されたが、戦後は、周囲が浅海域であるため航路利用や漁場として利用されることがなく放置されたままとなっている。第二海堡は東京湾航路に近接していることから、灯台や航路監視施設が整備され社会資本として活用されている。2019年から、旅行者によるインフラツーリズムとして上陸ツアーが実施されている。第三海堡は航路に近接し、座礁する船舶が多発したため撤去され、一部のコンクリート構造物は横須賀市内に神奈川県文化財として公開されている。

明治期に入り建設された東京湾海堡は、「第三海堡建設史」<sup>5)</sup>によると、第一・第二海堡はロシアのクロンシュタット海堡を手本として設計されたとしているが、形状が陵形でないことや隅角部を円形にしているところなどクロンシュタット海堡とは大きく異なっている。1879年第一海堡の建設に当たり、フランス軍事顧問団のミュニエー(Munier)とジュールダン(C. Jourdan)に海堡の設計を依頼したが、明確な回答が得られず、お雇い外国人オランダ技師ムルデル(A.T.L.R. Mulder)に設計を依頼した。しかし、実際には採用には至らず、設計規範は不明なままである。その後、海洋工事に経験があるお雇い外国人オランダ人工兵大尉ワンスケランベックは、1893年11月に東京湾口を巡視し、12月26日陸軍卿：大山巖あて「東京湾巡視復命書」<sup>13)</sup>を提出し、海堡建設は軍事的に効果が薄いとして建設を反対している。ただし、第一海堡の建設の際には、ワンスケランベックの助言により建設を進めたとの記録<sup>14)</sup>もあり、築城規範は未だ不明といえる。

第二海堡築城開始時点では、既にお雇い外国人の指導もなく、「砲臺建築仕法通則改正明治25年」<sup>15)</sup>という、陸上部も含めた陸軍の砲台築造要領が存在する。これを規範にして施工したとの記録は無いが、コンクリート施設の配合設計に関しては、第二海堡の調査<sup>10)</sup>により記載通りに採用していることが判りつつあり、西洋築城技術を日本人が取り入れて、国内用に作成した規範である可能性は高い。

第三海堡は、水深が-39mであるため人工島建設に関する技術的基準が西洋技術の規範にも無かったため、第一および第二海堡の建設技術を踏まえた上で、日本人自らの知恵をもって施工したと推測される。その後、国内でもこのような大水深の人工島の建設事例がなく、希有な地盤構造物であるといえる。

### 3.2 建設条件

品川台場は図4に示すとおり隅田川河口の砂洲が海上部に張り出しており<sup>17)</sup>、陸上から渡れる通路により建設されたとの記録もある。神奈川台場は陸上からの渡り通路を築造している。品川台場、神奈川台場の海底水深は深くても-1m程度と推測され、完全な海上施工とは言えない。また、

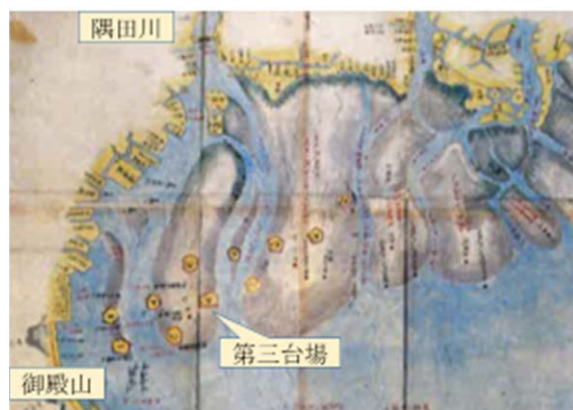


図4 品川台場の築造位置と水深<sup>17)</sup>

第一海堡は千葉県富津岬の先端部にあり、30年ほど前の大潮の際には、歩いて渡れたとの話もあることを考えると、本格的な海上施工による人工島は第二海堡および第三海堡といえる。

設置水深の違いは施工工期と埋立土量に反映されている。品川・神奈川台場は約1年で完成に至っているが、基礎部のみでは0.5年しか要しておらず、第一海堡は基礎部で約6年、第二・三海堡は10年以上の年月を要している。

### 3.3 建設材料と調達

台場の構造はいずれも、石積護岸で囲まれた中に、土砂により埋立てを行っている。海堡は更にその上部を土砂で盛土して、30cm程度のコンクリートで被覆して波による浸食を防止しているが建設材料やその調達先は同様の産地である。

#### (1) 護岸石材

品川台場では護岸材料に、割栗石(豆州・相州の堅石)、切込砂利(本牧・玉川(多摩川)・大井村)、三浦岩屑(相州三浦郡)との記載がある<sup>7)</sup>。割栗石は江戸城築城時より豆州(伊豆半島)や相州(真鶴半島)の堅石(箱根外輪山系安山岩)が使用されており、神奈川台場や三海堡も同様の産地の材料を調達している。石積護岸背後の裏込め材料と護岸基礎部には土丹岩が使用されている。土丹岩は上総層群と呼ばれる洪積層であり千葉県から神奈川県に広く堆積している石材である。凝灰質砂岩であり加工はしやすく、海中部では一定の強度を有するが、風化作用には抵抗性が弱く割裂する特徴があるが、現在でも護岸背後の裏込めに多く使用されている。

#### (2) 埋立土砂

埋立土砂については、人力で大量に運搬する必要があることから、いずれの台場・海堡も輸送距離の短い築造場所の近隣から調達している。品川第1台場は品川御殿山、第3番台場が高輪泉岳寺境内の山(海上約2km)、神奈川台場は陸上輸送距離背後6丁(約650m)権現山と人力輸送が可能な位置である。第一海堡は富津岬海岸(海上輸送距離1.4km)となっている。第二海堡は明確な記録がないが、



第一海堡と同様と考えられ、第三海堡は横須賀市走水（海上輸送距離 2.6km）といずれも背後地であり、船着場が設置可能な場所から搬出されている。

### (3) 調達上の工夫

現代において大規模プロジェクトを実施する際には、資材の調達（供給量不足と資材単価の上昇）が大きな課題となるが、幕末も同様の課題があったと思われる。江戸幕府は品川台場築造時の土砂運搬に際しては、1853年9月初旬に「土砂運搬船令」を発して運賃の高騰を取り締まっている。また、埋立土用の土砂運搬路である東海道筋の高輪海岸は、土庶の通行を禁止して工事工程の確実性を優先させた。調達は資材に限らず、全国から石工 5000 人、土運船等 2000 艘が集積させたこととある<sup>9)</sup>。

第2および第3海堡は海上にあるため船輸送が必須となるが、施工者である陸軍は伊豆から真鶴半島の石山を陸軍管轄地として制限を行い、軍事優先として調達を行っている。

## 4. 東京湾海上砲台における建設技術の特徴

### 4.1 波浪を考慮した護岸築造技術

#### (1) 防波機能

海上砲台の特徴は、流速の大きな流れや波浪に耐える地盤構造物である人工島を建設することであり、台場や海堡はいずれも石積みによる外周護岸を築造している。品川台場と神奈川台場は石積勾配が  $65^\circ$  と城壁に近い勾配であり、石積み高さも満潮面から 4m 程度は確保されている。波浪に対しては直接砕波する構造形式である。一方、第一海堡は  $11^\circ$  (1:5)、第二海堡はその勾配は  $30^\circ \sim 50^\circ$  と傾斜は緩やかであり、石積護岸上の被覆コンクリート高さと合わせて波力を制御する構造形式である。これは、海上波浪が大きく直立的な護岸では安定性が確保できないことから砕波効果を期待した考え方による。第三海堡は石積護岸用の石材が少ないことやコンクリートの供給が可能となったことから直立的な石積とコンクリートの上部工（パラベット）構造を採用している。いずれの海上砲台も海上波浪の条件と資材の調達を考慮した構造形式となっている。

品川台場は水深も浅く、陸上からの距離も近く、波高は小さいが、台風などの波浪時は風波の影響を受けるため、波力や洗堀に対する措置が必要である。そこで、図1に示しているように石積み前面に松杭を柵上に打設した「防波杭」を施工している。また、護岸前面満潮面（図2）には、土丹岩が突き固められその表面には三浦土丹岩である亀張石（写真1）が石畳的に配置され、石積周辺の海底土砂の流出を防いでいる。

神奈川台場は明治初期の写真には「防波杭」は存在しない。横浜港は水深の浅い入江になっているため、高波浪に



写真1 品川台場の亀張石



写真2 第一海堡の傾斜護岸

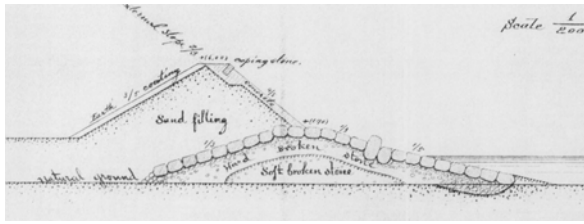


写真3 第二海堡の間知石護岸と裏込

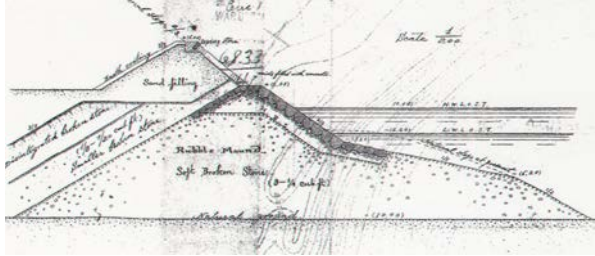
対応する必要はなかったと推測されるが、海底の基礎杭が実施されたのかは、今後の調査結果を待ちたい。

第一海堡は図5(a)に示すように護岸前面の張石を伸ばし、途中には大きな波を跳ね返す浪除石を配置し（写真2）、張石先端部は砂の洗堀を防止するために礫で置き換えを行っている。第二海堡は海中から間知石を谷積みにした護岸を配置しており（写真3）、北側には面3尺×3尺控え3尺3寸～3尺5寸の間地石を布積みとし、被覆コンクリートを+8.0mまで上げ、その上に2尺×2尺の直方体の笠石を積み上げている。更に防波機能を向上させるために、係留場前面には防波堤を設置している。

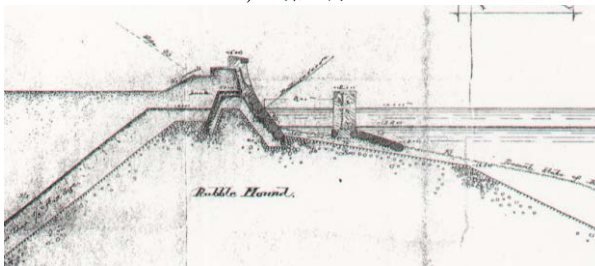
第三海堡に至っては流速も早く、台風時の波高も大きな海域にあることから何度か被災を受けたため、最終的にはコンクリートブロックから重量を更に重くしたコンクリートケーソンを設置している。第一から第三海堡は、いずれも石積上の土手部は越波した波や海上の雨風に砂が流されない被覆コンクリートを採用して護岸高さ確保している。



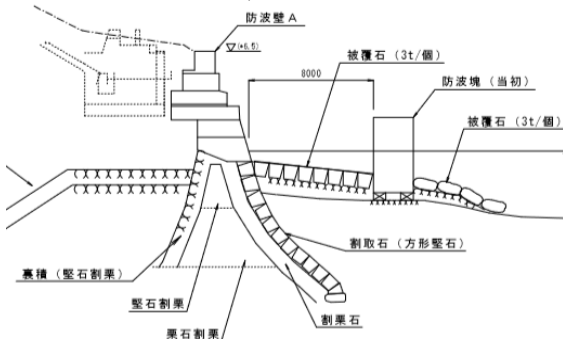
a) 第一海堡



b) 第二海堡



c) 第三海堡



d) 第三海堡 断面図

図5 東京湾要塞の護岸断面図

## (2) 隅角形状

品川台場および神奈川台場は複数の稜角を有しており、その隅角は算木積み（写真4）となっているのに対して、写真5に示すように第二海堡は隅角が半円形状である。海堡は海上に設置され、台風時には高波浪となることから石積みに大きな波力が作用する。そのため隅角に大きな波浪を集中させることが無い円形状の護岸にしたことが想定される。現在の防波堤端部（堤頭函）の設計は、波の収れんを防ぐため円形状に波消工を配置する設計であるが、これと同じ考え方である。このような設計の考え方は、日本において、第一海堡が最古と考えられ、以降第二・第三海堡に引き継がれ、これらの経験則が現設計の規範となっていると推測される。

## (3) 石積における石材の大きさ

品川第三台場は波浪が直接当たる表側は面2尺の切石



写真4 神奈川台場の護岸隅角（算木積み）



写真5 第二海堡護岸円形状隅角（関東大震災後1923.9.9撮影）

布積であり、裏側の一部は切石乱積みである。神奈川台場の表は面2尺控え2尺5寸（約500kgと試算）の切石布積み、裏は面1尺7寸程度の切石布積みである。

第一海堡は、大きさは2尺以上の自然石を野面積んでいる。海上の波浪を考慮すれば、谷積施工が波力に抵抗する構造であると考えられるが、前述のとおり、その勾配は1:5程度の緩傾斜としており、周辺海底地盤が浅海域であることから高波浪を考慮しなくとも成立したと考えられる。

第二海堡は全島面3尺控え3尺5寸程度（約500kgと試算）の間知石を谷積している。第三海堡は海中部を石積としているが、上部はコンクリートパラペット構造としている。石材の不足によりコンクリートが使用されたこともあるが、波浪条件が厳しい場所であるから、より安定した構造を築造しようとした意図が感じられる。

## (4) 護岸天端部

品川台場では護岸天端に敵が石積を上り越えることを防御する「勿ねだし」が採用されており函館五稜郭にも用いられている西洋式城郭の特徴がみられる。これに比較して神奈川台場および第一・第二海堡は笠石となっている。船舶の侵入を防ぐことが目的であり、上陸阻止のための施設は不要との解釈が妥当と考えられ、護岸内部へ雨水侵入を防ぐための目的のみで設置されていると推測される。

## 4.2 西洋からの新材料の採用

品川台場および神奈川台場は、西洋式築城様式を採用しながらも、建設材料は国内の石材と土砂の組み合わせで構造物を築造した。しかし、第一海堡からは、地下通路や砲台の地下部にある弾薬庫が西洋技術である煉瓦により築

造されている。<sup>18)</sup>煉瓦はモルタルによる練り積みで、盛土と接する外側はアスファルトで防水加工されている。煉瓦は鉛直荷重には耐力があるが、吸水率が高く防湿性を確保する必要から防水目的で採用されている。また、砲台は3m程度の厚さを有するコンクリートで施工され、石積護岸上の盛土に対して保護材として被覆する材料はコンクリートを採用している。西洋からの材料として煉瓦、セメント、コンクリート、アスファルトが新材料として輸入された後に国内で製造され使用に至っている。しかし、建設時期が明治中期である第一海堡は、国内のコンクリート生産体制が整っていないため、明治期コンクリートの代替である人造石を採用していた形跡<sup>19)</sup>が見られる。

西洋式大砲に対抗するためには築造技術も西洋式を採用することが必要であるが、海上砲台の築造技術は、建設場所の自然条件や資材の調達、施工体制を考慮した独自の工夫を組み合わせている。

#### 4.3 施工計画

台場・海堡における施工計画や施工体制についての文献は少なく、国内で初めての海上工事でありながらその実態は、ほとんど不明なままである。砲台であるという性格から限られた組織しか関与しなかったことや軍事関係資料として廃棄処分されたことがその理由として考えられる。

本稿では神奈川台場の完工時の施工記録<sup>20)</sup>から施工の算定を試み(表3)、人足1人当たりの土砂埋込材総量は第一海堡と変わらないが、第二海堡および第三海堡は2倍以上の施工量が必要であったと推定した。この差違は海上における船舶を使用した施工方法と、第三海堡については明治後期となることから起重機などの機械による施工のも取り入れたと想定される。これらの施工は、近代横浜港の建設や海上工事に規範として広がっていったと考えられるが、その検討は始まったばかりであり、今後に期待したい。

#### 5. おわりに

海上砲台である台場・海堡は、歴史的な地盤構造物であるが、同時に軍事遺構ということから文化財としての評価を受けにくいというのが現状である。2015年に東京湾要塞の猿島、千代ヶ崎砲台が国史跡に指定されたことを皮切りに、文化財価値のとしての評価と保存に向けた計画を策定することにより、保存への道が開けた。一方、神奈川台場や第一海堡のように現状調査でさえ実施できない構造物は、崩壊と破壊が眼前に迫っても文化行政関係者の協力は限られている。土木関係者として技術の伝承や担い手確保を唱えるなら、後世に残すべき財産の保存も同時に行う

べきと提案したい。

#### 参考文献

- 1) 富川武史：高松彦三郎筆内海御台場築立御普請御用中日記、嘉永6年8月28日の条、国立国会図書館蔵、2012。
- 2) 横浜市：横浜市史第2巻第3章開港場の建設、212pp-213、2014.3。
- 3) 横浜市神奈川区役所：土木学会かながわ台場土木遺構調査、台場土木遺構調査委員会／〔編〕1996。
- 4) 西川武臣：戸部御役所於テ伊藤岩一郎、仏国書記官フレッキマン対話書、神奈川台場関係資料集 pp21-22、1998。
- 5) 国土交通省関東地方整備局東京湾口航路事務所：東京湾第三海堡建設史、2005.3。
- 6) 浅川道夫：お台場 品川台場の設計・構造・機能、錦正社 pp76-79、2009。
- 7) 佐藤正夫：品川台場史考 pp65-108、理工学社、1997。
- 8) 大野善雄：品川台場石垣の構造について、土木史研究第12号、1992.6。
- 9) 東京市：品川台場、東京都保険局国会図書館蔵、1927。
- 10) 浄法寺朝美：日本築城史、原書房、1971.12。
- 11) 西川武臣：書面砲台築立候場所之儀は追て相達にて可有之候事右勘定奉行評議之上書面之通達之、神奈川台場関係資料集 pp5-6、1998。
- 12) 西川武臣：御降誕日祝砲各国へ往復、神奈川台場関係資料集 pp30、1998。
- 13) ワンスケランベック：「東京湾巡視復命書」明治14年(1881)12月28日；大日本帝国陸軍築城部本部：「東京湾要塞築城史・附録」、現代本邦築城史第2部第1巻、1943.4。
- 14) 陸軍省：富津砂洲海堡建築基礎の義内務省蘭工師の意見承合度件、陸軍省大日記参謀本部-雑-M14-1-82、1881.6.20、防衛省防衛研究所蔵。
- 15) 陸軍省工兵方面本署：「砲臺建築仕法通則」、明治27年5月改正、現代本邦築城史第1部第2巻(第2章第3章)築城期間及業務、国立国会図書館蔵、1943.4。
- 16) 国土交通省関東地方整備局東京湾口航路事務所：平成26年東京湾中央航路第二海堡建設材料調査、2017.3。
- 17) 品川区立品川歴史館：品川台場及び沿岸絵図1927年(嘉永6)／船来航と品川台場より、1987。
- 18) 地盤工学会関東支部：第一海堡の研究視察実施報告書(歴史遺産の地盤工学に関する研究委員会歴史的石造構造物部会)、2017。
- 19) 片山：哲也、野口孝俊、佐藤友美：東京湾第一海堡より発見された人造石と舗装モルタルの材料的特徴、第53回地盤工学研究発表会、2018。
- 20) 土木学会：明治以前日本土木史／御砲台仕様および神奈川砲台築造御入用高明細内訳書、1936。

(2019.9.12 受付)