

## 歴史的地盤構造物部会の活動報告

### Activity report of the historic geotechnical structures sectional meeting

地盤構造物 部会長 正垣孝晴

#### 概 要

歴史的地盤構造物部会は、研究として統一テーマを持たずに個人ベースで動く方針が最初に決められた。限られた委員会の会期と予算の中で、各委員の興味を統括する共通のテーマを設定することが困難であったことが大きな理由である。しかし一方で、統一テーマを持たずに各委員の意向を尊重して自由に活動することも、当該分野の研究の幅と深みを大きく進展させる効果も期待される。当部会の活動としては、(i) 歴史的地盤構造物の調査・視察、(ii) 一般市民を対象にした講演会の後援と話題提供、(iii) 国際地盤工学会アジア地域技術委員会(ATC19: 歴史的地盤遺跡保全に関する研究会)が主催する研究会等に参加する3本の柱を設定した。本稿は、それぞれの概要を述べて、地盤構造物部会の活動報告とした。

キーワード：歴史的地盤構造物 活動報告

#### 1. はじめに

歴史的建造物や史跡は、時空を超えた感動とロマンを人心に与える。特に、近代化遺産は、建造物の構築に秘められた地域社会や人間模様の多様さ、英知と密度の濃さからなる芸術的な態様が、そして、地盤に関係した人の営みと生業の歴史が、それらの構造物を通して我々に語りしむからに違いない。事実、富岡製糸場や三重津海軍所は、人類共通の普遍的財産として、世界遺産に登録され、多くの人心を魅了している。

歴史的地盤構造物部会は、研究として統一テーマを持たずに個人ベースで動く方針が最初に決められた。限られた委員会の会期と予算の中で、各委員の興味を統括する共通のテーマを設定することが困難であったことが大きな理由である。しかし一方で、統一テーマを持たずに各委員の意向を尊重して自由に活動することも、当該分野の研究の幅と深みを大きく進展させる効果も期待される。

当部会の活動としては、(i) 歴史的地盤構造物の調査・視察、(ii) 一般市民を対象にした講演会の後援と話題提供、(iii) 国際地盤工学会アジア地域技術委員会(ATC19: 歴史的地盤遺跡保全に関する研究会)が主催する研究会等に参加する3本の柱を設定した。本稿は、それぞれの概要を述べて、地盤構造物部会の活動報告とする。

#### 2. 当部会に関係した各委員の研究活動

各委員の当部会に関係した研究の内容や活動は、多岐にわたるが、概要は以下の13に大別される。

- ・第三海堡の埋立て砂の産地同定と液状化（以下の公表リストの1）
- ・横須賀1号ドライドックの地盤工学的分析（同2,7）
- ・歴史的地盤構造物の三次元的記録（写真測量）（同2,3,6,8,21）
- ・三重津海軍所遺構の地盤工学的分析（同2-4,6,9,19,12-14,16,17,19,20,23-27,31,32,34,35,37,39,42,44-46,48）
- ・旧長崎街道の路体構造（同11,18,22）
- ・近代化遺産に使われた建設材料（石・コンクリート・煉瓦）の強度特性（同15,33,36,38,40,41）
- ・性能設計と文化財調査（同43）
- ・近代化遺産としての富岡製糸場や白壁兵舎の建物の変形と基礎構造の関係（同47,49,50）
- ・日本産石材の利用時期と土木地質的背景について（同28-30）
- ・レーザドップラー振動計の史跡保存工事への適用（同51,54）
- ・名越切通の保存整備（同52,53）
- ・東京湾第一海堡の人造石と舗装モルタルの材料的特徴（同55）
- ・第一海堡の人造石のジオポリマー的要素と建設材料への石灰使用（同56,57）

以下に、公表された原稿リストを示す。研究委員会の会期内（H28～H31年度）に、歴史的地盤構造物部会関連で各委員が公表された原稿は、59編に及ぶ。そのうちの16編（27%）は国際会議や論文集への投稿原稿として、英文で海外に向けた発信が行われている。

公表リスト；強調文字は，当委員会委員を示す。

- 1) **Shogaki, T.**: Identification and in situ dynamic strength properties of reclaimed 3<sup>rd</sup> Meiji fortress sands, *Soils and Foundations*, Vo. 56, No.5, pp.915-926, 2016.
- 2) **藤井幸泰, 正垣孝晴, 宮川真国, 菊地勝広**：横須賀製鉄所第1号ドックの編年変化と写真測量による侵食量推定の試み，地盤工学会誌，第62巻第4号，pp.14-17, 2016.
- 3) **藤井幸泰**：歴史的地盤構造物の三次元記録：写真測量の歴史と最新技術について，第51回地盤工学研究発表会（岡山），pp.143-144（2016）.
- 4) **正垣孝晴・中野充・鈴木直文**：三重津海軍所ドライドックで使われた砂と粘土の産地特定と施工法，土木学会第71回年次学術講演概要集，pp.47-48, 2016.
- 5) **正垣孝晴・中野充**：三重津海軍所ドライドック遺構の木組み構造，第44回土木学会関東支部技術研究発表会，III-7, 2017.
- 6) **正垣孝晴**・為廣国寿・中野充：25mm径の塩ビパイプで採取した粘性土の品質と原位置強度の推定（三重津海軍所ドライドック遺構の地盤工学的分析のなかで），第44回土木学会関東支部技術研究発表会，III-6, 2017.
- 7) **藤井幸泰・正垣孝晴・菊地勝広**：横須賀製鉄所第1号ドック建設前の地形と地質について：健全性の視点からの考察，第52回地盤工学研究発表会，pp.95-96, 2017.
- 8) **Fujii, Y. and Shogaki, T.**: Three dimensional documentation and surface erosion of andesitic building stones in Yokosuka Arsenal Dry Dock No.1, Japan, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, MIS07-04.] (2017).
- 9) **正垣孝晴・中野義仁・鈴木直文**：早津江川に遡上する浮泥の粒度と塑性的性質の定点調査（三重津海軍所ドライドックの渠壁材料の検討に中で），第52回地盤工学研究発表会，pp.319-320, 2017.
- 10) **正垣孝晴**・為廣国寿・中野義仁：25mm径の塩ビパイプで採取した粘性土の原位置強度推定，第52回地盤工学研究発表会，pp.277-278, 2017.
- 11) **正垣孝晴**・奥田大史・中野充・尾松拓磨：旧長崎街道の構口橋台と路体の構造，第72回土木学会年次学術講演会，2017.
- 12) **正垣孝晴**・奥田大史・中野充・尾松拓磨・鈴木直文：三重津海軍所舟屋地区の地盤特性と基礎杭の施工方法，第72回土木学会年次学術講演会，2017.
- 13) **正垣孝晴**・奥田大史・渡邊優一・中野義仁：ポータブルコーン貫入試験による原位置非排水強度の推定，第14回地盤工学会関東支部発表会，pp.114-117, 2017.
- 14) **正垣孝晴**・奥田大史・中野義仁：三重津海軍所船屋地区の土木遺構としての木杭の荷重履歴，第14回地盤工学会関東支部発表会，pp. 25-28, 2017, 11.
- 15) **正垣孝晴**・因幡裕・奥田大史：明治以降の土木史跡の建設材料の強度，第14回地盤工学会関東支部発表会，pp. 122-125, 2017, 11.
- 16) **正垣孝晴**・渡邊優一・奥田大史・中野義仁：小径倍圧型サンプラーで採取した有明粘土の原位置非排水強度と圧密特性，第14回地盤工学会関東支部発表会，pp. 436-439, 2017.
- 17) **Shogaki, T. and Okuda, D.**: Load history of cedar foundation pile in the Mietsu Naval Facility World Heritage, *Proceeding of the 1<sup>st</sup> International Conference on Press-in Engineering 2018*, Kochi, pp. 603-610, 2018.
- 18) **Shogaki, T. Okuda D.**: Structures of the subgrade of the Old Nagasaki Highway and aboutment of the East Gate Bridge of Saga Castle, *Proceeding of the 28<sup>th</sup> International Ocean and Polar Engineering Conference*, pp.535-539, 2018.
- 19) **Shogaki, T. Okuda D. and Suzuki, N.**: Geotechnical interpretation of the mietsu dry dock World Heritage Site, *Proceeding of the 28<sup>th</sup> International Ocean and Polar Engineering Conference*, pp.525-529, 2018.
- 20) **Shogaki, T. and Okuda D.** : Effect of confining pressure on deformation behavior around soils caused by sampling tube and cone penetrations, *Proceeding of the 28<sup>th</sup> International Ocean and Polar Engineering Conference*, pp.676-681, 2018.
- 21) **Fujii, Y., Shogaki, T., and Miyakawa, M.**: Photogrammetric documentation and non-invasive investigation of a stone dry dock, the Yokosuka Arsenal dry dock No.1, *Japan, Engineering Geology*, 122-131, 2018.
- 22) **正垣孝晴**・奥田大史・小口千明：三重津海軍所ドック渠壁と旧佐賀城構口橋台の路床の土木材料の産地同定，第45回土木学会関東支部技術研究発表会，III-29, 2018.
- 23) **奥田大史・正垣孝晴**：木杭打設による周辺地盤の変形挙動に関するモデル試験，第45回土木学会関東支部技術研究発表会，III-2, 2018.
- 24) **因幡裕・正垣孝晴**：第三海堡遺構コンクリートの強度，第45回土木学会関東支部技術研究発表会，V-8, 2018.
- 25) **正垣孝晴**・奥田大史・中野義仁・鈴木直文：三重津海軍所ドライドック渠口西側部の渠壁構造と施工時の安定性，第53回地盤工学研究発表会，pp.47-48, 2017.
- 26) **奥田大史・正垣孝晴**：粘性土に打設された基礎体周辺土の変形挙動，第53回地盤工学研究発表会，pp.45-46, 2017.
- 27) **正垣孝晴**・奥田大史・中野義仁・鈴木直文：三重津海軍所船屋地区に堆積する有明粘土の強度・変形特性，第53回地盤工学研究発表会，pp.335-336, 2017.

- 28) 藤井幸泰：日本産石材の地質・文化的背景と土木的利用における強度について，第 53 回地盤工学研究発表会（高松），pp.29-30（2018）.
- 29) 藤井幸泰：日本産石材の利用時期と土地質学的背景について，歴史的地盤遺跡の保全と活用に関する委員会報告書，pp.45-54，土木学会関西支部，歴史的地盤遺跡の保全と活用に関する研究委員会（2018）.
- 30) 藤井幸泰：石材の地質的背景およびその強度と利用開始時期の関係について，深田地質研究所年報，19，125-135（2018）.
- 31) Shogaki, T., Okuda, D.: Deformation behavior around foundation piles in Hasuike clay deposits: Model tests on Kawasaki clay, *GTISA 2018*, pp. 676-683, 2018.
- 32) Shogaki, T., Okuda, D.: Deformation behavior around foundation piles in the Mietsu Naval Facility World Heritage Site: Model tests on Kawasaki clay, *The Intnat. Conf. of 16<sup>th</sup> ARC*, 2018, pp.115-118, 2019.
- 33) Shogaki, T. and Inaba, Y.: Strength of construction materials at historical civil engineering sites built since the Meiji era, *The Intnat. Conf. of 16<sup>th</sup> ARC*, 2018, pp.257-260, 2019.
- 34) 正垣孝晴・奥田大史・中野義仁・鈴木直文：世界遺産三重津海軍所ドライドック遺構の渠壁構造と施工時の安定性，日本文化財科学会 35 回大会，pp.60-61, 2018.
- 35) 奥田大史・正垣孝晴：三重津海軍所船屋地区遺構東端部の地盤表層部の荷重履歴，第 73 回土木学会年次学術講演会 pp. 869-870, 2018.
- 36) 因幡裕・正垣孝晴：明治以降の土木史跡のコンクリート・石材・煉瓦の強度，第 73 回土木学会年次学術講演会，pp.415-416, 2018.
- 37) 奥田大史・正垣孝晴・中野義仁：三重津海軍所船屋・稽古場地区に堆積する有明粘土の連続性と強度特性，第 73 回土木学会年次学術講演会，413-414, 2018.
- 38) Shogaki, T. and Hayashi C. : Strength properties of stones used in Tokyo Bay Fortresses, *ICOFORT 2018 in Hikone*, pp.1-13, CDR, 2018.
- 39) Shogaki, T. and Madarame, N. : Strength and deformation properties around pile driven to clay deposit, *COFORT 2018 in Hikone*, pp.1-10, CDR, 2018.
- 40) 正垣孝晴・林千賀：明治以降の土木史跡の建設材料の強度特性，防衛大学校理工学研究報告，pp.31-40, 2019.
- 41) 林千賀・正垣孝晴：明治以降の土木史跡の建設材料の強度特性，第 46 回土木学会関東支部技術研究発表会，III-28, 2019.
- 42) 正垣孝晴・樋上行基：三重津海軍所ドライドック渠底部粘性土の強度・変形特性，第 46 回土木学会関東支部技術研究発表会，III-29, 2019.
- 43) 正垣孝晴：性能設計と文化財調査のための地盤工学，地質工学，Vol. 16, pp.12-30,2019.
- 44) 正垣孝晴・樋上行基・鈴木直文：三重津海軍所修覆場地区粘性土の原位置の非排水強度・圧密特性，第 54 回地盤工学研究発表会，pp.247-248, 2019.
- 45) 正垣孝晴・本郷隆夫・岩崎好規・中野義仁：三重津海軍所ドライドックの渠壁構造，第 54 回地盤工学研究発表会，pp.1171-1172, 2019.
- 46) 正垣孝晴：三重津海軍所（世界遺産）遺構の機能と施工法（地盤工学による謎解き），国際地盤工学会アジア地域会議 ATC19 歴史的地盤遺跡保全に関する研究会，PPT, 2019.
- 47) 藤井幸泰・正垣孝晴・因幡裕：富岡製糸場の基礎と構造物の状態について-その変形と地盤との関連について-，国際地盤工学会アジア地域会議 ATC19 歴史的地盤遺跡保全に関する研究会，PPT, 2019.
- 48) 正垣孝晴・班目育幹：粘性土に打設された基礎体周辺土の強度・変形特性，第 74 回土木学会年次学術講演会，III-462, 2019.
- 49) 正垣孝晴，中川原雄太：旧歩兵第 16 聯隊白壁兵舎の基礎構造と建物の変形，歴史遺産の地盤工学研究に関するシンポジウム論文集，2019.
- 50) Shogaki, T., Fujii, Y., and Nakagawara, Y.: Deformation of the Tomioka Silk Mill's East Cocoon Warehouse foundation and structure, *Soils and Foundations*, in printing, 2019.
- 51) 小林恵・高瀬尚人・橋本直樹：レーザドップラー振動計による史跡保存工事の効果判定，第 52 回地盤工学研究発表会講演集，pp.92-93, 2017.
- 52) 小林恵：石造文化財の保存，修復に関する事例 名越切通の保存整備事例，東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター公開講演会『石造文化財の保存と修復』，平成 29 年度東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター紀要，pp. 102-105, 2018.
- 53) 小林恵・橋本直樹・高松誠・海老澤孝雄・倉橋和也：名越切通におけるやぐらの天井部復元補強，日本文化財科学会第 35 回大会研究発表要旨集，pp. 268-269, 2018.
- 54) 小林恵・高瀬尚人・橋本直樹：レーザドップラー振動計の史跡保存工事への適用性，2019 東アジア文化遺産保存国際シンポジウム，pp. 272-275, 2019
- 55) 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の特徴，地盤工学会第 53 回地盤工学研究発表会，pp. 47-48, 2018.
- 56) 片山哲也・野口孝俊・佐藤友美：第一海堡の人造石のジオポリマー的要素と建設材料への石灰使用，地盤工学会第 54 回地盤工学研究発表会，pp. 563-564, 2019.
- 57) Katayama, T., Sato, T. and Noguch, T.: Fortry First (41st) International Conference on Cement microscopy sponsored & Organized by (ICMA), 2019.
- 58) Iwasaki, Y., : Electrical Survey for Continuous Evaluation of Filled Structure for Ancient Manmade Embankment *The Intnat. Conf. of 16<sup>th</sup> ARC*, 2018, pp.257-260, 2019.
- 59) Iwasaki, Y. and Launay, J.: Restoration of retaining

structures for steep pyramid temples in Angkor and disclosed soil conditions allowing construction of high rise manmade fill of 800 years old and still standing, *The Intnat. Conf. of 16<sup>th</sup> ARC*, 2019.

した。活動は、歴史的地盤構造物の調査 (No.1~6) , 講演会 (No.7,8) , 研究会への参加 (No.9) に分けられる。これらの詳細は、地盤工学会関東支部の HP アドレス (<http://jibankantou.jp/group/rekishiisan2.html>) に掲載している。以下、紙幅の許す範囲で写真等を中心にして、それらの概要を紹介する。

### 3. 歴史的地盤構造物部会の活動履歴

歴史的地盤構造物部会の活動履歴の概要を表-1 に示

表-1 歴史的地盤構造物部会の活動概要

No	内容	概要	開催日時	参加者 (強調文字: 委員, 赤: 世話役)
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第二海堡の地盤工学的調査</li> <li>・国土交通省東京湾口航路事務所の業務内容の説明受</li> <li>・地盤構造物部会の活動方針の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第二海堡の護岸や煉瓦構造物の施設, コンクリート, アスファルト等の建設材料の現状を調査。</li> <li>・地盤構造物部会の活動方針の検討</li> </ul>	H28.11.18 (13:00~16:50)	内田・大里・後藤・正垣・昌子・野口・藤井 (7名)
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>・名越切通の地盤工学的調査</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・逗子市の国指定史跡「名越切通」の修復工事の見学</li> </ul>	H28.11.24 (13:00~17:00)	正垣・小林・昌子・藤井 (4名)
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「大谷石採石場」等の地盤工学的研究視察</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大谷観音公園, 北戸室石下石材店, 大谷石採石場跡北観測所, 冷熱事業, 地底湖, 大谷資料館</li> </ul>	H29.11.16 (12:00~18:00)	正垣・小口・川邊・後藤・小林・田村・藤井・山梨大学(留学生4名を含む5名), 防衛大学校(2名) (14名)
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第一海堡の地盤工学的調査</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・護岸構造調査</li> <li>・建設材料調査</li> <li>・健全度調査</li> <li>・石材・コンクリート部材の強度測定</li> </ul>	H29.5.24 (10:00~14:30)	野口・石崎・大木・正垣・奥田・因幡・桜井・片山・内田・津口・青山 (11名)
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第一海堡の地盤工学的調査の報告会</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第一海堡の全景動画</li> <li>・護岸調査</li> <li>・UAV 撮影による三次元モデル化</li> <li>・建設材料の強度特性</li> </ul>	H29.6.30 (16:00~18:00)	正垣・昌子・野口・津田・内田・藤井・片山・奥田・因幡・石崎・林田 (11名)



6	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「田谷の洞窟」の地盤工学的調査 (横浜市栄区定泉寺)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・全長 570m、三層構造の人工洞窟内外の現況調査</li> <li>・三重津海軍所船渠の調査の現況</li> </ul>	H29.5.10 (9:00～18:00)	正垣・田村・小口・大里・藤井・小林・坂元・奥田・渡辺 (8名)
7	<ul style="list-style-type: none"> <li>・講演会：東の軍艦島第二海堡の秘密に迫る</li> <li>・場所：横須賀市本町コミュニティーセンター</li> <li>・主催：横須賀市集客促進実行委員会</li> <li>・後援：地盤工学会関東支部・富津市</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・横須賀に建設された東京湾要塞</li> <li>・日本で初めての海上人工島である第二海堡の建設技術</li> <li>・東京湾要塞の建設材料の強度 (我が国の土木遺構の中で)</li> <li>・ツーリズムによる地方創生</li> </ul>	H30.7.16 (13:30～16:30)	一般市民 (約230名), 世話役：野口
8	<ul style="list-style-type: none"> <li>・講演会：富津市が誇る東京湾要塞を見つめる歴史と未来</li> <li>・場所：富津市役所</li> <li>・主催：富津市商工会, 富津市観光協会, 東京湾海堡ファンクラブ, 富津零の会</li> <li>・後援：地盤工学会関東支部・横須賀市</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・東京湾海堡における明治期の建設技術と平成期の現状</li> <li>・東京湾海堡の建設材料の強度-我が国の土木遺構の中で-</li> <li>・第一・第二海堡のコンクリートの材料的特徴-近代土木黎明期のコンクリート-</li> <li>・インフラツーリズムからまちづくりへ</li> <li>・海堡と富津のひとびと</li> </ul>	H30.10.7 (14:00～16:30)	一般市民 (約280名), 世話役：野口
9	<ul style="list-style-type: none"> <li>・国際地盤工学会アジア地域技術委員会 (ATC19: 歴史的な地盤遺跡保全に関する研究会)</li> <li>・場所：さいたま市 (大宮ソニックシティ)</li> <li>・主催：ATC19</li> </ul>	<p>以下の4件の話題提供を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・アンコールにおける基壇擁壁の修復と真正性の保全について</li> <li>・行政の文化財関連委員会などに参画出来て感じたこと</li> <li>・富岡製糸場の基礎と建造物の状態について-その変形と地盤との関連について-</li> <li>・三重津海軍所 (世界遺産) 遺構の機能と施工法-地盤工学による謎解き-</li> </ul>	H31.7.15 (13:00～17:00)	岩崎・田中・藤井・小林・正垣 (11名)
10	<ul style="list-style-type: none"> <li>・国際地盤工学会アジア地域技術委員会 (ATC19) 見学会とワークショップ</li> <li>・場所：国立雲林科学大学 (台北市) 等</li> <li>・主催：ATC19</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鳥山頭水庫と雲林斗六地域の灌漑施設の視察</li> <li>・Strength of construction materials at historical civil engineering sites built since the Meiji era</li> </ul>	H31.10.11 ～13	岩崎・正垣

### 3.1 第二海堡の地盤工学的調査

首都東京および横須賀軍港を防衛するために、東京湾口部に東京湾要塞として、①富津元州堡壘砲台群、②第一海堡、③第二海堡、④猿島砲台、⑤花立堡壘砲台、⑥三軒家砲台、⑦腰越堡壘砲台、⑧観音崎砲台、⑨観音崎北門第一砲台、⑩観音崎北門第二砲台、⑪第三砲台が建設された。建設は、明治13(1880)年5月26日に、観音崎第二砲台から始まった。

東京湾第二海堡は、明治期の最先端の土木技術を用いて海上に人工島を建設し、その上部に軍事施設を建設した海上要塞である。第二海堡は、水深-10mの海底地盤面上に石材による築堤を行い、築堤表面を間地石(間地石とは石材を角錐形に切り割したもの)による被覆斜面堤を構築し、内部を砂で埋め立てている。

図-1に東京湾に建設された第一・二・三海堡の位置を示す。



図-1 調査場所(第一・二・三海堡)

#### 【第二海堡の建設履歴】

- ・明治22年7月：基礎工(人工島10年)現地着手, 明治32年人工島完成
- ・明治33年3月：上部構造現地着手
- ・明治39(1906)年12月：砲台, 兵舎完工
- ・大正3(1914)年6月：備砲竣工

#### 【地盤工学的な位置】

- ・第二海堡を初めとした東京湾海堡は、海底地盤面上に石材による築堤を実施したうえで、築堤表面を間地石による斜面堤とし、内部を砂で埋立てた人工島であり、土木構造物(地盤工学的遺産)といえる。
- ・明治期における土木技術を駆使した地盤構造物としては、希有な構造物であり、土木学会遺産リストにある軍事施設分野でも、海上における軍事施設は、品川台場、横須

賀市猿島のみであり、貴重な構造物である。現在千葉県埋蔵文化財包蔵地として指定されている。

図-2は第二海堡護岸断面図である。この図は、唯一残されている建設当時の第二海堡防波護岸図である。米国から日本に技術記録の提出依頼に回答したものの一部である。第一海堡、第二海堡、第三海堡の概要とそれぞれの断面図のみが回答され、現在、米国公文書館(NARA)蔵(1926.9.5)に保管されている。

写真-1は北側護岸とその上部コンクリート覆工を示している。護岸天端には“そり”が見られる。海堡の建設は西洋技術を導入したが、お雇い外国人ではなく、日本人技術者が築造したため、従来の日本技術である石垣の技術を用いて建設したと思われる箇所も見られる。

写真-2は、北側係船場背後の倉庫を示している。煉瓦

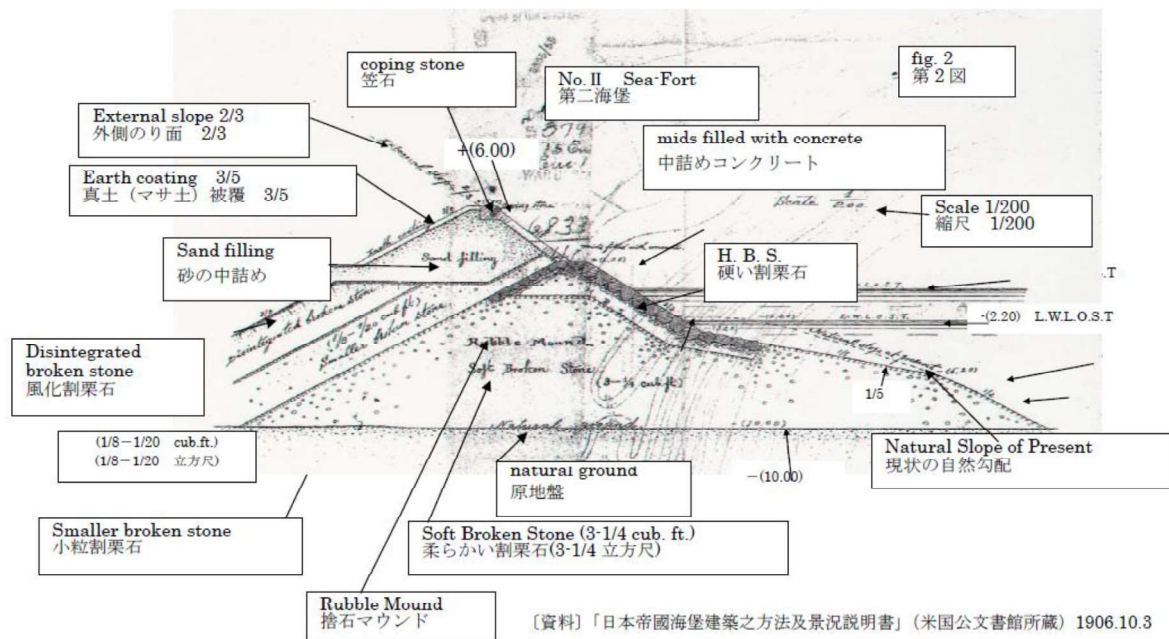


図-2 第二海堡護岸断面図



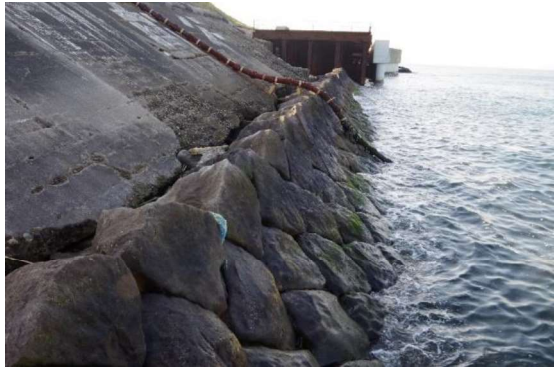


写真-1 北側護岸とその上部コンクリート覆工



写真-2 北側係船場背後の倉庫

を用いた倉庫で、覆土されていたため防水処置としてモルタル+アスファルトで覆われていた。煉瓦には桜印（短弁桜花章）の刻印があり、小菅収監所で作成された煉瓦が使用されたものと考えられる。

### 3.2 名越切通の地盤工学的調査

逗子市の国指定史跡「名越切通」の修復工事等を視察した。写真-3は、第1切通を逗子市側から見ている。北へ緩傾斜の層理面を境に、下部が逗子層の泥岩、上部が池子層の砂岩（地質調査所発行の地質図には火砕岩；凝灰質砂岩とある）で、どちらも漸新世の地層で軟岩に分類できる。

写真4は、木根が岩盤の割れ目に入り込んでいる生物風化の例であり、充填と擬岩処理を行い、岩盤の表面には強化・撥水処理が行われている。

写真-5は、石切り場の跡を示している。平成14年度の



写真-3 第1切通を坂の下から撮影

発掘調査で石を切り出した跡が確認された。窪みの下部には矢穴跡もみられる。従来は鎌倉幕府が三浦一族の攻撃に備えた防御遺構と考えられていた。

写真-6は、大谷観音公園で撮影した参加者の集合写真である。写真-7は、平和観音の側面を示している。観音様のお顔や足元の劣化は少ないが、展望台高さと同じ位置の胸の位置の劣化や剥離が著しい。写真-8は、石材の切り出しで出来た空洞である。空洞の大きさも見事だが、残柱の大きさもすごい。残柱の右側に立っている人間の大きさから、空間の規模に圧倒される。



写真-4 木根が岩盤の割れ目に入り込む生物風化



写真-5 石切場の跡





写真-6 平和観音の前での集合写真



写真-7 平和観音の側面（劣化や剥離が著しい）



写真-8 石材の切り出しで出来た空洞



写真-9 第一海堡（右翼方面）  
東京湾湾口航路事務所 2019.5.24 撮影

### 3.3 第一海堡の地盤工学的調査

図-1 に示したように、第一海堡跡は、富津市富津字黒塚に位置し、千葉県埋蔵物文化財包蔵地である。この海堡は明治時代に国内で最初に建設された海堡（海上における人工島に築いた要塞）である。この海堡は、西洋の技術を採用した明治の土木黎明期の構造物であるため工学的な価値を多く含んだ施設であるが、今日まで詳細な地盤工学的な調査が行われたことはなかった。

国土交通省関東地方整備局東京湾口航路事務所は、第一海堡跡と同様の位置づけがある千葉県埋蔵物文化財包蔵地第二海堡跡において保全事業を実施している。第二海堡の今後の維持管理に反映するため、建設着工が第二海堡より8年早く、人工島部の完成時期が15年早い第一海堡跡の健全度を把握し、その差異を明確にした上で、保存に向

けた検討や工事に反映させるものである。

今回の地盤工学的調査は、当委員会が建設材料の専門家の協力を得て、以下の項目で行った。

- ・護岸構造調査（明治期図面との比較、写真撮影、空中写真）
- ・建設材料調査（目視による種別、寸法など）
- ・健全度調査（目視、崩壊状況写真）
- ・石材およびコンクリート部材の強度測定（リバウンドハンマー試験、一軸圧縮・割裂引張）

#### 第一海堡の建設経緯

第一海堡は東京湾要塞の一つとして、陸軍省工兵第一方面により建設された。明治14（1881）年、富津岬の先端の海中において、第一海堡の建設が着工された。9年の歳月をかけて明治23年（1890）に竣工し、その前年の明治22（1889）年に第二海堡の建設が着工された。第二海堡着工の3年後の明治25年（1892）に第三海堡の建設が始まり、第二海堡と第三海堡は何度も台風による波浪で破壊されながらも第二海堡は25年の歳月を経て大正3（1914）年に竣工、第三海堡は29年の歳月を経て大正10年（1921）に竣工した。

第一海堡の護岸断面図は図-3のとおり、米国の要請により日本国が報告した「日本帝国海堡建築之方法及景況説明書」に残されている。この図面を基に概略図を作成したものを図-4に示す。

空中写真測量により第一海堡の全景写真を撮影した。（撮影者(株)パスコ津口雅彦・青山光一氏）この写真に第一海堡に

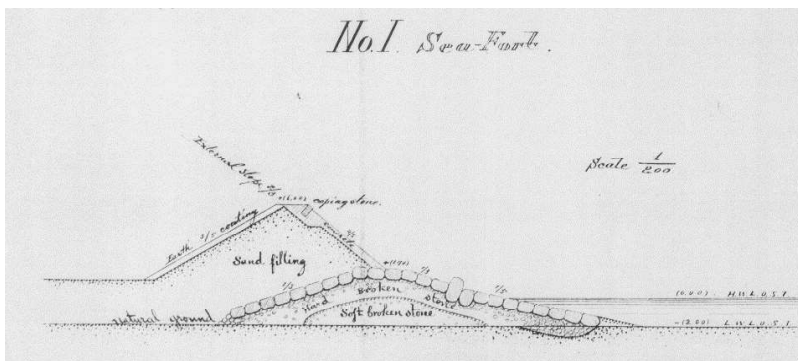


図-3 第一海堡の護岸断面図『日本帝国海堡建築之方法及景況説明書』（米国公文書館所蔵）、1906. 10. 3

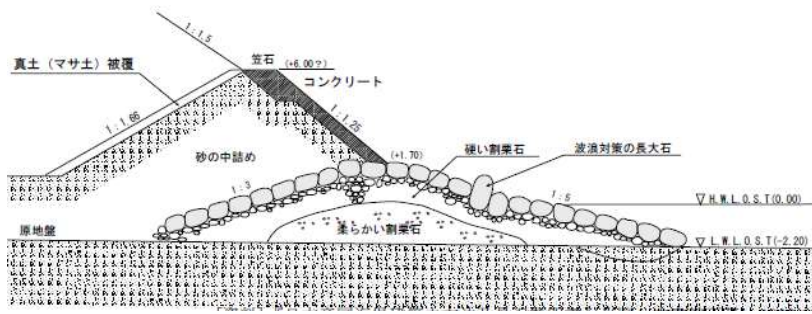


図-4 第一海堡の護岸断面図

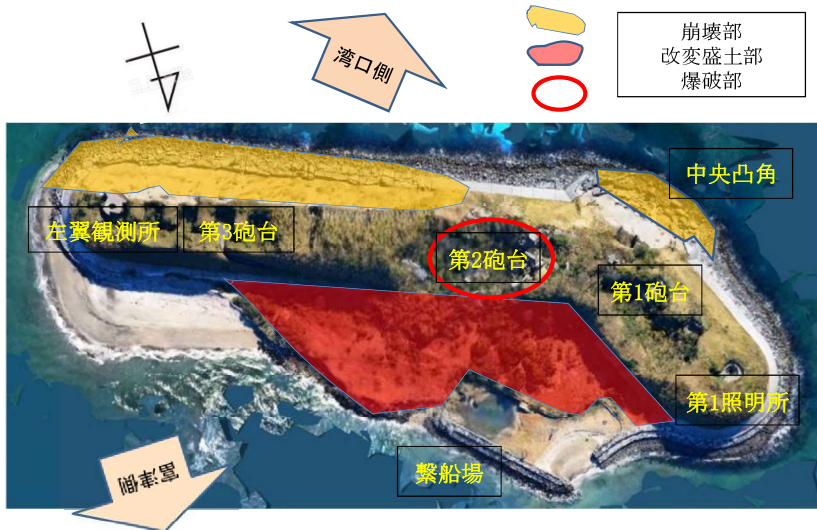


図-5 第一海堡全景写真に加工  
(2017.5.24(株)パスコ津口雅彦提供)

た状態となっている(写真-11)。この原因は、波浪により護岸がずれたことからコンクリート被覆の下端に海水が浸水し、被覆内側の海砂が抜け出したことをきっかけとして、盛土下端の支持力が失われ、地滑りのように斜面崩壊したと想定される。

第2砲台はコンクリート製の砲台であるが、大きく割裂崩壊しており、爆破によって破壊された可能性が高い(図-5の赤線で囲む部分)。右翼西側護岸は、護岸の保存状態は良好で、当時の石積施工、コンクリート被覆施工の様子を見ることができる。また、上部構造物については、保存状態は良いが、場所によっては周囲に植物や3m以上の樹木が茂っており、見通しが悪く全体を確認することが出来なかった。

北側(富津側)には繫船場が配置されており、石材の波除堤により囲まれている。現在は砂の堆積により入口は閉塞している。更に北側左翼側も砂の堆積により砂浜状態となっている。また、中央部は海堡盛土部から崩れた土砂



南側中央部

写真-10 南側護岸の崩壊状況

やレンガなどが堆積している。しかし、図-5の赤く着色した部分は1m程度の盛土となっており繫船場内には、この盛土部分に合わせて間地石の護岸が整備されていることから、一度整備した後に改築したと思われる。

整備された構造物の名称と崩壊状況を示した(図-5)。図-5の上側が東京湾口(横須賀市観音崎方向)であり、艦船の侵入方向に「へ」型に人工島が建設されている。「へ」の中心部湾口側には中央凸角とよばれた砲台が配置されていたが波浪により護岸及び盛土部分が崩壊している(写真-10)。左翼側には大正期に第2砲台、第3砲台と呼ばれた砲台と左翼先端部には観測所が配置されている。左翼側の護岸および盛土と一部の砲台は大きく崩れ

護岸部は写真-12に示すように、石積部分と盛土のコンクリート被覆部分に分けることができ、ほぼ「日本帝国海堡建築之方法及景況説明書」の断面図通りに施工されている。石積部分は、野面積みであり、盛土部のコンクリート被覆の下端には波打ち際に長大な石が巡らしてあった。波打ち際の長大な石は、波浪対策であるが、コンクリート被覆下端は水平の平場を設けて、長方形の石を2段パラペットのような形状に設置している。図面には1段しか記載さ





左翼第3砲台（覆土が地すべり状に崩壊）

写真-11 南側盛土部の崩壊状況



写真-12 右翼北西部護岸



写真-13 護岸部石材

れていないが、越波を防ぐために設置したと考えられる。効果については実験などで確認する必要がある。

石積部分は写真-13に示すとおり、コンクリート被覆部の勾配に比べると緩やかで石積というより被覆(1:5)に近い。使用されている石材は、火山岩系と見受けられ、大きいもので縦1,500×横1,200mm、小さいものでも縦1,100×横1,100mmの大きな野面石で、形状は不揃いで大きさも定型とは言えない。また、護岸表面を被覆する野面石の下には、10cm～30cm程度の割石が施工しており、既設の断面図と同様である。

大きな石材は第二海堡と同様な産地であると想定され

るが、産地の特定は現状では難しい。黒色系および淡桃色の安山岩は、第二海堡での調査で確認された小田原、真鶴、下田周辺のものと同定されるが、青みかかった石材等複数の産地の石材が使用されている。第二海堡では3尺×3尺程度の間地石に加工して谷積みとしているが、第一海堡では波返し部を除き、野面積みである。南側の護岸は延長の半分以上が崩壊しているが、成形された間地石であれば崩壊を免れた可能性もある。

### 3.4 田谷の洞窟の地盤工学的調査

田谷の洞窟は、全長約570m、三層構造の複雑に入り組んだ

巨大人工洞窟である。建暦三(1213)年、和田合戦に敗れた朝比奈三郎義秀が当地を追われる。その後、朝比奈三郎の残した念持仏「弁財天」を護持すべく、鶴岡二十五坊の僧侶が訪れるようになり、弁財天の祠がある横穴を修行として拡張をはじめ道場となる。天文元(1532)年鶴岡二十五坊相承院隆継僧正により古義真言宗「定泉寺」として当地に寺が建立される。江戸時代のいつしか、中本山が「三会寺」に変わり、天保年間に寂照僧正の導きにより現在の「瑜伽洞」の形となったと伝わる(定泉寺のサイトより)。

田谷山瑜伽洞「田谷の洞窟」現況平面図

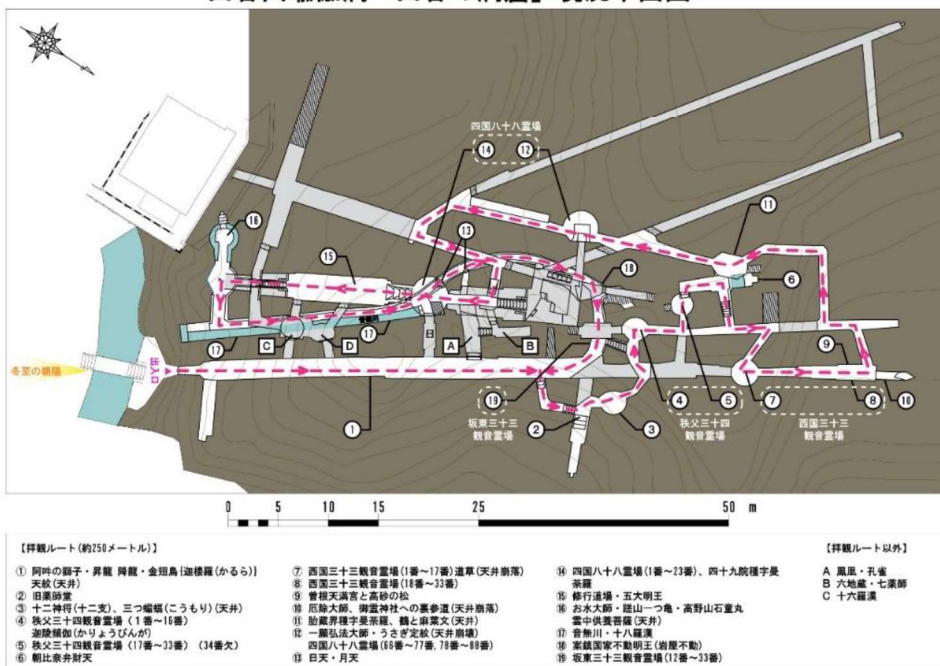


図-6 田谷山瑜伽洞現況平面図(田谷の洞窟保存実行委員会)

図-6は、田谷山瑜伽洞現況平面図(田谷の洞窟保存実行委員会)である。複雑で入り組んだ洞窟形状であり、複数の崩落箇所も認められる。

図-7は、田谷の洞窟基礎調査の概要(田谷の洞窟保存実行委員会)を示している。小口委員が既にサンプル採取し乾湿試験を実施した結果、乾燥に対して非常に脆弱なことが解っている。保存の為には洞内の水分が非常に大きな役割を果たしていることが解ってきているので、洞窟の上の山の環境調査も必要となってきている。

写真-14は、洞窟内の通路の状況を示している。壁面が塩類風化や苔やカビなどにより劣化している。なお、地質は中期更新世の長沼層下部の砂質泥であり、二枚貝などの化石も多い(三梨・菊地、1982)。写真-15は、金剛界種子曼荼羅を示している。天井のレリーフの一部は崩落している。なお、図と写真は、「田谷の洞窟保存実行委員

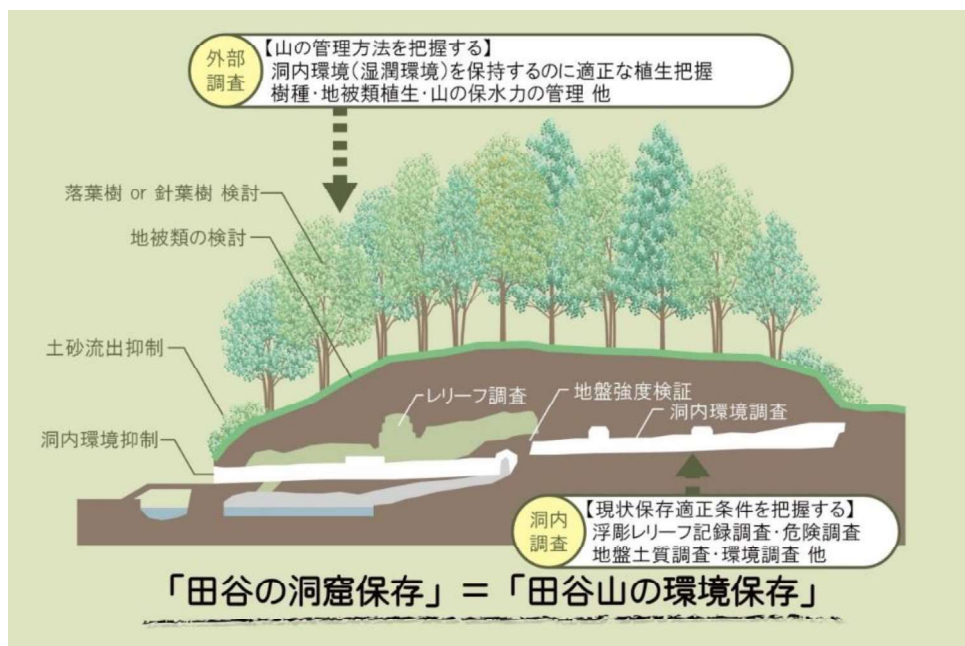


図-7 田谷の洞窟 基礎調査の概要(田谷の洞窟保存実行委員会)





写真-14 洞窟内の通路の状況



写真-15 金剛界種子曼荼羅

会」の提供とご協力を頂きました。付記して感謝申し上げます。

### 3.5 講演会：東の軍艦島第二海堡の秘密に迫る

観光戦略によるインバウンドへの対応や地方振興を図る取り組みが政府主導で進められている。国土交通省は、歴史的資源を活用した観光まちづくり構想から、具体的な観光戦略実行推進に向けた取り組みとして、社会資本におけるインフラツーリズムを進めている。第二海堡跡を観光資源として活用を目指す取り組みは、その一つである。当講演会は、横須賀市が主催したもので「第二海堡と横須賀港新港地区を結ぶツーリズム」に対する航路実現に向け、市民の文化的意欲を掘り起こし、観光戦略に基づく新たなツーリズムのニーズを確認する位置づけであった。

当日午前中は、横須賀市三笠公園前桟橋から第二海堡の外周を巡るクルーズが実施されたが、定員 50 名に対して 3,600 名を超える応募があったと主催者の横須賀市文化スポーツ観光部からの報告があった。このクルーズの様子は TBS の News として TV 報道された。

当関東支部は、当委員会の前身である「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」が平成 27 年 8 月 8 日に、「近代日本のルーツ横須賀の歴史遺産“守り・支え・伝える地盤の技術”と題する講演会を横須賀市で開催した経緯がある。今回の講演会は、当関東支部が後援して、当部会からは、以下の 2 件の講演を行った。250 名定員に対して 230 名の一般市民が参加された。2 名の手話通訳者が、聴覚障害者に講演と質疑の内容を同時通

訳した。講演概要は以下のようであり、その様子を写真-16 に示す。

#### 1) 「日本で初めての海上人工島である第二海堡の建設技術」(野口孝俊 委員)

第二海堡は神奈川県横須賀市観音崎より約 6km、千葉県富津市富津岬から 3.5km の海上に位置し(図-1)、東京湾の湾口に位置する東京湾中央航路に隣接している。関東大震災の被害、太平洋戦争終了後の破壊、経年の波浪により人工島護岸が崩壊しており、地震時には航路に影響を与える恐れがあるため、現在、公用財産の管理者として国土交通省東京湾口航路事務所が保全工事を実施している。

海堡は第一が明治 14 年、第三が明治 25 年着工である。第二海堡は 1914 年(明治 22)に着工された軍事遺構であり西洋土木技術を採用して人工的に作られた地盤構造物でもある。海底水深が-10m を超える海上における海洋工事の最先端技術を駆使した工事であり、当時、西洋から輸入された、煉瓦、コンクリート、鋼材、アスファルト(防水)材料を使用して、日本古来の技術を上手く活用した工夫もみられる構造物である。この構造物は、近代土木黎明期の成果物であり、土木史的にも歴史的価値を認めるものである。第二海堡は千葉県の埋蔵文化財包蔵地に登録されており文化財保護法に基づく工事を実施しているが、将来文化財に認定される可能性もあるため、極力、保存を考慮した保全を行っている。

#### 2) 「東京湾要塞の建設材料の強度(我が国の土木遺構の中で)」(正垣孝晴 部会長)

我が国には、江戸期から建造された近代土木遺産が数多く残されている。明治 4 (1871) 年に開渠した石造の横須賀 1 号ドライドックから、平成 29 (2017) 年の防衛大学校(コンクリート)の 146 年間に亘る 20 施設の石とコンクリートの強度がリバウンドハンマー試験結果として示された。これらの施設は、関東地方を中心にして小樽から熊本に分布している。東京湾要塞としての千代ヶ崎砲台、第一海堡、第三海堡の強度の位置がこれらの中で、明らかにされた。また、第一・二・三海堡が建設された当該地の当時の水深は、それぞれ 2, 10, 39m である。関東大震災によるこれらの海堡の被災状況は、埋め立て深さと関係していることを、これを模擬した模型実験から説明された。



写真-16 熱心に聴講する一般参加者

### 3.6 講演会：富津市が誇る東京湾要塞を見つける歴史と未来

富津市は、横須賀市と協力してインフラツーリズムに取り組んでいる。本講演会は、横須賀市が主催した講演会「東の軍艦島第二海堡の秘密に迫る」を踏まえて、富津市の文化・観光事業を促進する目的として、富津市民の歴史を振り返り、優れた文化的財産であることを確認するために実施された。定員150名に対して、一般市民が280名来場し、富津市民の関心の高さを反映した。手話通訳者2名が、聴覚障害者に講演と質疑の内容を同時通訳した。

地盤工学会関東支部が後援した。当部会に關係して以下の2件の講演を行った。写真-17は、その状況である。

#### 1) 「東京湾海堡における明治期の建設技術と平成期の現状」(野口孝俊 委員)

2017年に第一海堡の構造調査のため、施設所有者である財務省千葉財務事務所に対して、国土交通省関東地方整備局東京湾口航路事務所長(同様の施設を管理している国の機関)が上陸申請許可を受けており、今回、その内容を報告するものである。なお、調査は爆弾や危険物調査を実施していないことから基本的にコンクリートで覆われている箇所以外への立ち入りは行わない。その他は金属探知調査を行い、安全を確認した上で実施した。

第一海堡は千葉県富津市富津岬から1.2kmの海上に位置し、東京湾要塞の初期段階に整備された西洋土木技術の導入による貴重な人工島である。関東大震災の被害は大きくなかったが、経年の波浪により人工島南側護岸が崩壊しており、このまま放置すれば島の上部に建設された砲台が滑落する恐れも否定できない状況にある。第一海堡が1881(明治14)、第二海堡は1914年(明治22)に着工された軍事遺構であり西洋土木技術を採用して人工的に作られた地盤構造物である。海底水深は2m程度であるが、当時整備された品川台場とは施工条件が異なり、海洋工事の最先端技術を駆逐した工事として、新しい材料であるコンクリートや煉瓦、三浦半島、伊豆半島から切り出した安山岩を利用した構造物である。特に護岸に特徴があり、第一海堡は野面積であるが、第二海堡は間知石により谷積となっている。第一海堡の研究は始まったばかりであるが、使用材料、産地、建設方法、施工者など富津市民等の情報を集



写真-17 盛況な会場

めて進めていきたいと報告した。

#### 2) 「東京湾海堡の建設材料の強度-我が国の土木遺構の中で-」(正垣孝晴 部長)

第一海堡とその石材の産地である真鶴の安山岩(新小松石)のリバウンドハンマー試験RHTと一軸圧縮強度・割裂試験の結果が、我が国の19施設(建設年:1884~2017)の中で比較された。また、RHTによる煉瓦の強度が猿島・千代ヶ崎に対する結果から比較された。主要な結論は、以下のように纏められた。

- i) 真鶴の赤(MR)、黒(MB)、白(MW)の岩石のリバウンドハンマー強度 $S_R$ は、1~2回目の打数の値が幾分小さいが、それ以降はほぼ一定の値に収束した。初回の $S_R$ が小さい原因は、表面の凹凸や風化に起因しているが、これらはコンクリートの挙動と同様である。第一海堡の $S_R$ は、打数に關係なくほぼ一定の値( $S_R \approx 40 \sim 60 \text{ N/mm}^2$ )であり、MR、MB、MWのそれら(20~50 $\text{N/mm}^2$ )より大きかった。
- ii) MR、MB、MWの一軸圧縮強さ $q_u$ は、それぞれ33、55、99 $\text{N/mm}^2$ であり、第一海堡のF3(125~177 $\text{N/mm}^2$ )より小さかった。このことは、施設として使われた石材であるF3は、産地の石を厳選した結果であることを窺わせた。MR、MB、MW、F3の乾燥密度 $\rho_d$ は、それぞれ2.00、2.17、2.50、2.66 $\text{g/cm}^3$ であり、 $\rho_d$ とともに $q_u$ が大きくなった。第一海堡の護岸施設では、白色系の石材が多く使われていたが、質量と強度の大きな石材で波力に対抗するための安定性と強度を考慮した結果であるとも推察された。 $q_u$ に相当する応力 $\sigma$ と原点を結ぶ割線係数 $E_{s,q_u}$ は $q_u$ とともに大きくなり、正の關係があった。両者の相関係数は、0.959と高かった。変形特性の観点からも、大きな $E_{s,q_u}$ は、波力に対抗する材料として有利である。 $S_R$ は、 $q_u \approx 45 \text{ N/mm}^2$ を境に、その下と上の領域で $q_u$ に対して、それぞれ過大と過小評価した。詳細な検討は、コンクリートに対する結果を含めて今後の課題である。
- iii) 猿島・第一海堡・千代ヶ崎堡壘砲台の煉瓦の強度は同等であった。これらの建設年は、それぞれ1884、1890、1895年であり、製造法が確立され品質が安定していることを窺わせた。また、第一海堡のコンクリートや石材は、他の我が国の18施設(建設年:1884~2017)と同等であることが示された。

最後に、2004年3月撮影(国交省)の写真との比較から、13年間の期間でも斜面やコンクリートの崩壊に加え、塩類風化を主因とする石材の風化やコンクリートの劣化が進行していることが示された。貴重な文化財であることから、各方面の意見を1つに集約して、改修や保全が急務であることが強調された。

### 3.7 国際地盤工学会アジア地域技術委員会(ATC19:歴史的な地盤遺跡保全に関する研究会)

第54回地盤工学研究発表会(さいたま市)の前日に開

催された。当部会の委員から、以下の4件の発表があった。

- (1) 「アンコールにおける基壇擁壁の修復と真正性の保全について」(岩崎好規 委員)
- (2) 「行政の文化財関連委員会などに参画できて感じたこと」(田中邦熙 委員)
- (3) 「富岡製糸場の基礎と建造物の状態について：その変形と地盤との関連について」(藤井幸泰 委員)
- (4) 「三重津海軍所(世界遺産)遺構の機能と施工法(地盤工学による謎解き)」(正垣孝晴 部会長)

### 3.8 国際地盤工学会アジア地域技術委員会(ATC19)見学会とワークショップ

2019年第16回アジア地域国際地盤工学会議は台北市で10月15日から19日まで開催された。ATC19の活動は次の通りである。

- ・烏山頭水庫の視察が実施見学(10月11日)
- ・雲林科技大学におけるワークショップ(10月12日)
- ・雲林周辺の視察見学で構成されているワークショップ(10月13日；於 雲林科技大学)
- ・当部会の委員から、ワークショップで以下の発表があった。

- 1) **Iwasaki, Y.** : Electrical Survey for Continuous Evaluation of Filled Structure for Ancient Manmade Embankment.

また、第16回アジア地域国際地盤工学会議のATC19 Sessionにおいては、次の2編が発表された。

- 1) **Shogaki, T. and Inaba, Y.**: Strength of construction materials at historical civil engineering sites built since the Meiji era, *The Intnat. Conf. of 16th ARC*, pp. ?-?, 2019.
- 2) **Iwasaki, Y. and Launay, J.**: Restoration of retaining structures for steep pyramid temples in Angkor and disclosed soil conditions allowing construction of high rise manmade fill of 800 years old and still standing.

## 4. おわりに

土木遺産は、生活環境や技術、生活文化を担ってきたものである。また、潜在的に多くの市民の興味の中にあるのも事実である。横須賀市と富津市が主催した歴史遺産の講演会に、併せて510名を超える一般市民が参加された(表-1)のは驚きと望外の慶びであった。土木工学の分野で、このように多くの一般市民の興味を引くテーマは稀有である。地盤に関する専門学会として、人類共通の遺産を健全に保全して、次世代に継承していくための責務は重い。また、これらの講演会は、研究成果を積極的に発信してい

く努力が必要であることを、再認識する出来事でもあった。

歴史的な地盤構造物に対して、地盤工学の視点で、実測や関連資料の収集を伴う技術史的評価を行う検討は十分ではない。また、技術的変遷を系統的に行う研究も少なく、文化財的価値付けが行われぬまま土木史跡が失われる現実もある。一方、土木史跡の保存修復においても、適切な視点や調査手法を持ち合わせていないままに、修復が進められる事実もある。各時代の土木遺産の評価、修復方法の検討では、技術書全体を把握した上での技術発展経過の考察が必要であるが、十分とはいえない。

欧米を含む諸外国では、土木史跡を含む歴史的な地盤構造物(自然材料を用いた建造物)に対するこのような研究を足掛かりに、国宝や世界遺産の登録や史跡保存に繋がっている。我が国の歴史的な地盤構造物の恒久的な保存や管理が十分でないのは、このような研究のアプローチや成果がないことが理由の一つとして挙げられる。当研究委員会の前身の土木史跡に関する研究委員会は、このような現状を踏まえて、以下の目的を挙げて活動を行ってきたが、大きな課題として今後も前進させていく必要がある。

- 1) 各時代の土木構造物や橋梁・建築基礎、農業土木等の地盤工学的史跡に関する資料を調査・収集・整理し、技術が生まれた背景や歴史、思想を分析・評価し体系化する。この過程で土木・建築・農業土木史と地盤工学の視点で、後世に伝えるべき当時の地盤工学の技術等を評価する。
- 2) この成果を今日の緊縮財政下における土木・地盤構造物の設計・施工法の見直しに反映させる。
- 3) 残されている施設の保存方法の構築や課題の整理、保存すべき施設の検討、基準書に相当する書籍等の収集・所在の確認・整理を行う。保存方法の構築に際しては、都市開発上の支障となっている特殊地下壕を含む地下空間に関する調査法や陥没防止に関する設計・施工法の構築を含め、地盤工学上の課題を抽出する。
- 4) これらの中で、土木史跡のダメージアセスメントと初期技術を踏まえた土木史跡の修復・保存方法のガイドラインを開発する。

会期と予算に制約がある委員会活動は、メンバー相互の意見交換と委員会としての今後の方策等を十分に議論する機会を持てなかったことも今後の課題である。

最後に、本部会が主催した遺構調査や講演会、公表論文の集約等に、ご協力とご尽力を頂いた関係各位とメンバー各位に深甚の謝意を表す。