

首都直下地震防災・減災特別プロジェクトにおける 東京湾第二海堡での地震観測点の設営について

坂上 実^{*†}・平田 直^{**}・瀬瀬一起^{***}

Construction of Seismic Observation Stations in the Daini Kaiho in the Tokyo Bay for the Special Project for Earthquake Disaster Mitigation in Tokyo Metropolitan Area

Minoru SAKAUE^{*†}, Naoshi HIRATA^{*} and Kazuki KOKETSU^{**}

Abstract

In the Special Project for Earthquake Disaster Mitigation in Tokyo Metropolitan Area (2007-2011), Metropolitan Seismic Observation network (MeSO-net) will have approximately 400 seismic stations in the Tokyo metropolitan area for the purpose of seismological study on the Kanto area and the seismic hazards assessment. 46 stations had been constructed in 2007, and 132 stations had been constructed in 2008, including a station in the Daini Kaiho (the second sea fort in the Tokyo bay) and two stations along the Tokyo Bay Aqua-line (Umihotaru and Kaze no tou). In this report, we explain the process of the construction at the Daini Kaiho station.

Key words : MeSO-net, Daini Kaiho (Fort No. 2), Solar battery, Radio orchid data communications

はじめに

首都直下地震防災・減災特別プロジェクトでは、首都直下地震の全体像を解明し地震による被害の軽減を目的として、2007年度から2011年度の5ヵ年間に、約400ヵ所の観測点からなるボアホール型の地震計を設置する首都圏地震観測網 (MeSO-net) の構築が計画されている。初年度には46観測点の設置が完了し、2008年度は、この観測網の重要地点として位置づけられている東京湾第二海堡と東京湾横断道路アクアライン2ヵ所 (海ほたる・風の塔) を含む132ヵ所の観測点の設営が行なわれ、良好な地震データが多数得られている。このうち、著者が担当した3観測点

は、2008年11月末に、設置作業を完了し観測態勢に入ることができた。

本報告では、このうち東京湾第二海堡の地震観測点設営を報告する。第二海堡は千葉県富津岬沖約3kmに位置し、水深約9mの地点に海拔約11mまで盛土して建設された人工島である (図1)。島の大きさは、東西約250m、南北140mであり、逆くの字の形状をしている。島内には海上保安庁所管の海上災害防止センター消防演習所や国土交通省の波浪観測所・灯台などが存在する (図2)。島内の施設は、独自の自家発電や太陽電池により維持されている。

MeSO-net 観測点は、約20mのボアホール内に加速度計を設置し、孔底でデジタル化した地震データを地上装置へ送り、そこから電話線を通じて、リアルタイムで地震研究所へ伝送している。しかし、第二海堡には、商用電源や電話線が存在しない。そのため、他のMeSO-net地震観測点とは異なり、データ伝送は無線LAN[†]を用いることにした。また、観測点設営地点が海上に位置し自然環境の厳しい場所であるため、設営には様々な困難が生じ、計画通り順調に施工・設置ができた訳ではなく、完成に至るまでは試行錯誤をしながら実施した。

[†] 情報伝送の共有、高速化を図る通信網。

2009年10月16日受付, 2009年10月19日受理

[†] sakaue@eri.u-tokyo.ac.jp

* 東京大学地震研究所技術部技術開発室,

** 東京大学地震研究所地震火山噴火予知研究推進センター,

*** 東京大学地震研究所地震火山災害部門.

* Technical Supporting Section for Observational Research, Earthquake Research Institute, the University of Tokyo,

** Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Earthquake Research Institute, the University of Tokyo,

*** Division of Disaster Mitigation Science Earthquake Research Institute, the University of Tokyo.

東京湾海堡の建設は、明治の一大国家プロジェクトとして大正にかけて第一、第二、第三海堡が建設された。第二海堡の建設は、明治22年(1889年)に着工し、25年の歳月をかけ、大正3年(1914年)に竣工した。これら3海堡の建設を目指した目的は帝都の安寧といわれている。本報告は第二海堡地震観測点設置に関する計画、申請、準備、掘削、施設設営などを纏め報告する。

観測点場所の土地賃借

第二海堡への地震観測点設営に向けた準備を本格的に開始したのは、2008年2月中頃である。そこで真っ先に手掛けたことは、相手側に提出する「都直下地震防災・減災特別プロジェクトにおける地震観測点設置のお願い」状を、地震研究所地震火山災害部門主任の瀬藤一起教授名で作成

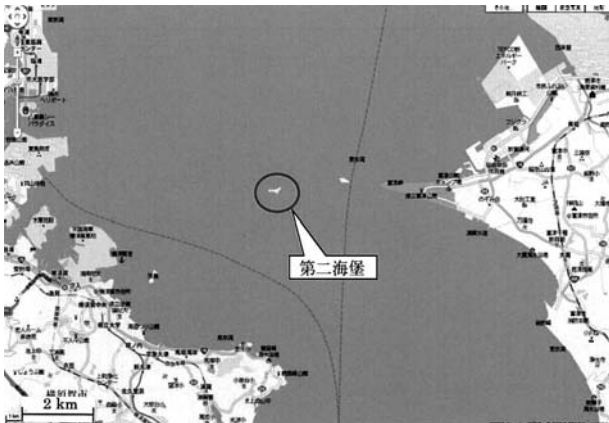


図1. 東京湾内に位置する第二海堡。東側千葉県富津岬から沖合い約3km離れた人工島



図2. 第二海堡を西方から臨む。中央：保安庁消防演習場施設(印)：観測点設営場所。東京湾口航路事務から借用

平成20年2月18日

第三管区海上保安本部長
島崎 有平 殿

東京大学地震研究所
地震火山災害部門 主任
教授 瀬藤 一起 印

首都直下地震防災・減災特別プロジェクトにおける地震観測点設置のお願い

拝啓 時下ますますご清祥のことと拝察申し上げます。
かねてから、東京大学地震研究所の研究推進にあたり、貴所には多大なるご協力とご支援を賜り厚く御礼申し上げます。地震火山災害部門では震災予防の見地から各地域において各種の地震観測と地震観測等を実施して参りました。
このたび、首都直下地震防災・減災特別プロジェクト「首都圏地震観測網」の構築に当たり、貴所の管理されます敷地の一部を下記の如く使用させて頂きたくお願い申し上げます。
地震観測の結果が震災対策に貴重な資料として役立つことにご理解を賜り、標記地震観測点設置に、ご協力を頂きたく重ねてお願い申し上げます。

敬具

印

1. 施設の名称	千葉県富津市「第二海堡」
2. 借用地の面積	地震観測点・観測設備設置敷 24㎡(4m×6m)
3. 施設利用目的	地震観測点設置
4. 施設借用期間	(自)平成20年4月1日 (至)平成25年3月31日
5. 借用の条件	有償・無償
6. その他参考事項	(イ) 施設借用理由書 別紙1. (ロ) 施設借用計画書 別紙2.
7. 関係必要 図面	設置場所概要及び拡大・京積・配置・他資料添付

図3. 海上保安庁に提出した第二海堡での地震観測点設置のお願い状

した(図3). つづいて, その中に添付する土地利用計画書・土地借入れ理由書・借入れ求積図・観測点設営概略図なども作成し整えた.

4月に入り地震観測点設営のため, 第二海堡を所管(所有)する海上保安庁第三管区保安本部(横浜市)への挨拶と説明に伺ったのが始まりである. その後, 第二海堡を管理する海上保安庁横須賀保安部に出向き, 保安本部と同様に挨拶と観測点設営の説明をさせていただいた. また, 横須賀保安部では管理課長, 交通課長の担当官から第二海堡の現状説明をいただいた. 第二海堡では島保存のための大規模護岸工事の状況と島全体の様子を監視用のテレビカメラを通し詳細に説明をしていただき, 第二海堡の現状を始めて認識させていただいた. また, 第二海堡は海上保安本部が管理する立ち入り禁止の人工島で国有地である. この島への上陸には横須賀海上保安部の許可が必要であることも教えていただき, 第二海堡に工事を発注している国土交通省関東地方整備局東京湾口航路事務所を紹介していただいた. また, 東京湾口航路事務所の担当課に我々の観測点設営計画のあらましを説明していただき, これから著者が伺うことの約束を担当課に手配していただいた. そこで急遽, 東京湾口航路事務所に出向き, 予備として持っていた資料を提出し横須賀保安部と同様に説明させていただいた. 担当課長からは横須賀保安部からの紹介もあって好意的に聞いていただき, 全面的に協力していただく事になり, 第二海堡で護岸工事を請け負っている業者への紹介もして下さることになった. 横須賀から地震研究所への帰路で, 今回の第二海堡の観測点設営は, 設営地点の環境の厳しさを知らされ設営の難しさを暗示した. また, 各担当官からは観測点設営には, 細心の注意をはらい安全に進めてくださいと温かく激励していただいたことが有り難かった. 過去に多くの観測点設営を手掛けてきた経験と折衝ノウハウを最大限に活用しなければ今回の観測点設営は成し

遂げられないと肝に銘じた. そのことは多くの関係する機関への挨拶と説明が最も重要で失敗は許されないことであり, もはや後戻りはできないことと心に誓った.

第三管区保安本部と横須賀保安部などから提供していただいた資料に基づいて精力的に各種申請書類を整え提出を行なった. 提出後は書類の説明と一部修正差換えなどの日々が続いたが, 貸借の主な理由は以下のとおりである.

1. 首都圏で中感度地震観測網を構築する上で, 第二海堡は東京湾内で唯一の島(人工)で陸上及び地中観測が可能な代表的な位置であること.
2. 全体の観測点配置に照らし, 学問的に有効な重要地震観測が実施でき, 防災上有効な地震記録が得られる可能性が高いこと.
3. 観測機器の運用のための太陽電池モジュールの構築が設置可能な場所であること.
4. GPS 時計の衛星受信が確実にこなせる環境であり, 無線 LAN によって地震データの伝送が可能な地点であること.

その後東京湾口航路事務所を通じ, 請負業者から第二海堡の本体工事に支障の及ぼさない範囲で人員・資機材の輸送などで協力を得られる旨返答を受けた. つづいて地震計埋設のボーリング掘削業者の選定を急いだ. その後, 観測機器設置の調整作業を除いたボーリング掘削と観測点設営工事一式として, 発注することになった. またこのような経過を経て横須賀保安部に第二海堡への上陸者申請を行なった. 次いで, 海上保安本部に数回にわたって説明に向き, 現地調査を終えた7月ようやく借用の内諾を得ることができた. 正式の借用申請手続きは, 所轄の横須賀海上保安部長に対して行い, 9月に有償での借用許可をいただいた. 9月中頃から観測点設営準備に本格的に取り掛かった.



図 4. 観測点設営場所調査. 後方円形状: ボーリング掘削位置. 手前の草地: 旧防空壕及び弾薬庫の出入り口跡

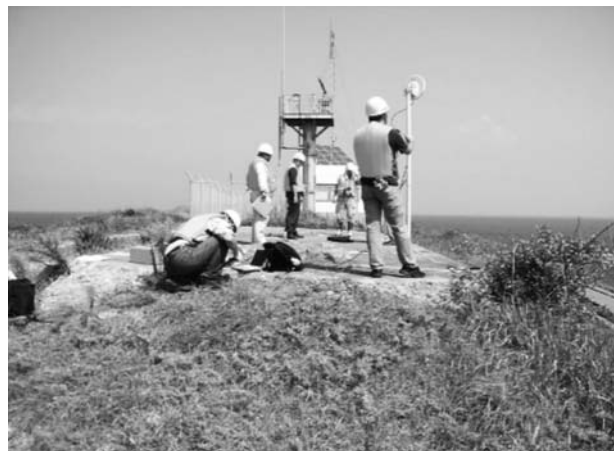


図 5. 富津岬に向けての無線 LAN の送信テスト状況

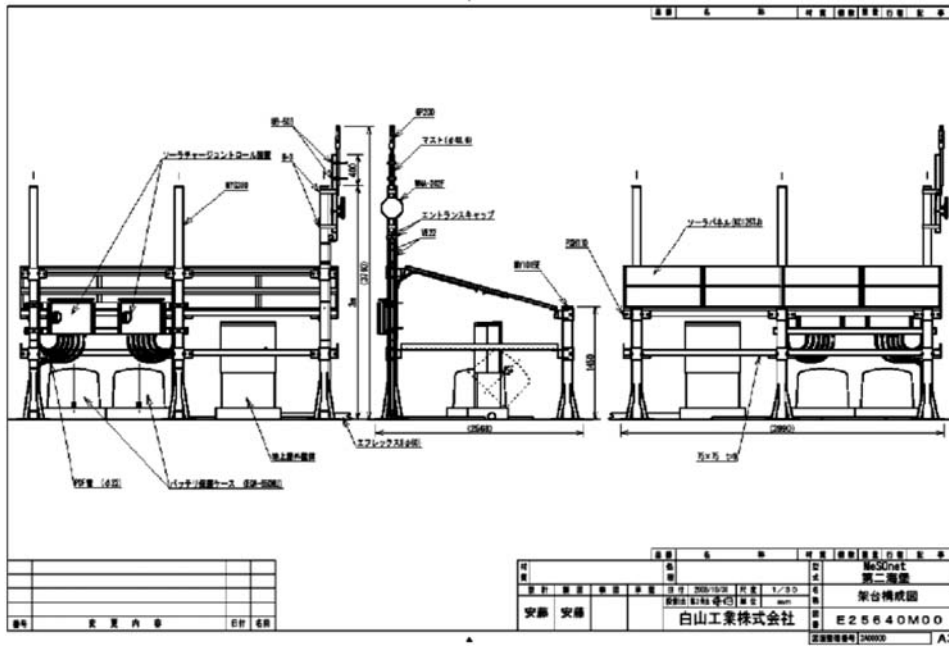


図 6b. 観測点設営概略外観図，白山工業による（裏面・左断面・正面）

地震観測点の設営開始

設置作業の実施に当っては工事の工程表（表 1）、現場組織図、安全衛生管理組織図などに基づいて開始した。とくに安全管理については、現場統括安全管理責任者から説明を受けた。これらの安全管理指導については、観測や実験などを実施する上で、最も重要であるため紹介する。

1. 安全衛生管理の目的

安全衛生管理の基本目的は、人命尊重を基本とし、「安全第一」を大前提として管理体制を確立し、災害要因の早期発見に努め、災害を防止することにより円滑な施工を図ること。

2. 安全衛生管理方針

労働基準法、労働安全衛生法を基幹として安全衛生組織を確立し、安全衛生の周知徹底を図り、災害防止、健康管理の充実に努める。

3. 安全重点実施事項

- 1) 工事計画の P (plan 計画)・D (do 実行)・C (check 検査)・A (action 処理) の管理徹底
- 2) 統括管理の職務遂行
- 3) 新規作業者の教育の実施、有資格者の確認
- 4) 安全衛生パトロールの実施と指導事項の確認
- 5) 安全打合せの作業手順に基づく作業の確認
- 6) 朝礼時のミーティングの実施

第二海堡では護岸工事用に大型クレーンが搬入されているため、その大型クレーンを利用して引き舟から一旦第二海堡に陸揚げされ、さらに 10 m ほどの高台にボーリング

掘削マシン、小型重機、大型発電機、ケーシング管及び観測機資材など持ち上げ作業が行なわれた（図 14）。高台からは小型重機を使用して観測点設営地点まで各種機資材を繰り返し運び入れた（図 15、16）。運び込まれたボーリング掘削マシンは、掘削場所の円形状コンクリート上に据え付けられ、掘削仕様に基づいて工程表通りに掘削が開始された（図 17、18）。また、掘削場所横に運び込まれた 5 インチケーシング管 (127φ) と 8 インチケーシング管 (203.3φ) を示す（図 19）。

ボーリング掘削

第二海堡は地上から海底まで約 20 m の人工島である。ボーリングの掘削深度は、地上から 20 m と海底下 10 m ほど掘削し 30 m 地点に地震計を埋設する観測井である。掘削作業をスタートする前に掘削業者を現地に案内し、掘削仕様書に基づき現場の特殊事情（旧軍事施設）を説明した。また、防空壕など空洞にあたる可能性を考え、太めの 8 インチケーシング管を用意した。掘削後まもなく約 2 m 下部で空隙に当たり、掘削用ベントナイト溶液の漏れが生じ掘削はストップした（図 20）。旧砲台跡の円形状コンクリートを掘削したときに掘り出されたコンクリート片を示す（図 21）。空隙部は 1 m ほどであるため、空隙部を 8 インチの鋼管柱で被い空隙先の掘削を試みた。これが功を奏し順調に 2.3 m ほど掘削が進んだが、さらに大きな空洞に当たり完全に掘削作業が停止に陥った。現地から空洞部の空間は 3 m 以上と連絡を受けた。そこで現場に急行し富津埠頭から急遽用意された 11 時頃の臨時便に乗船し第二海堡に向かった（図 22）。

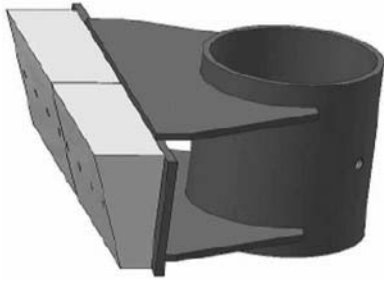


図 7. モジュール支持支柱への角度調整固定金具（技術部製）
マスプロ電工製マスト取付け金具（PSH110）の拡大図

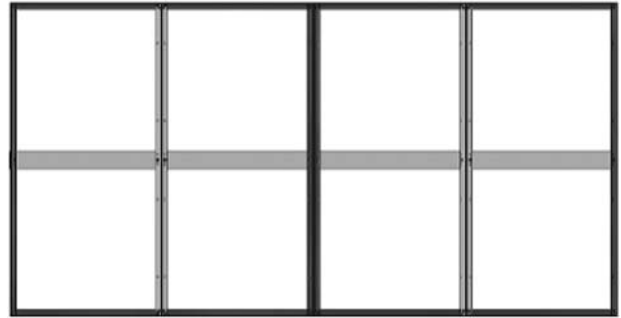


図 8a. モジュールの支持架台枠（技術部製）：約 4m×2m
材質：ステンレス・アルミL形アンクル・アルミチャンネル

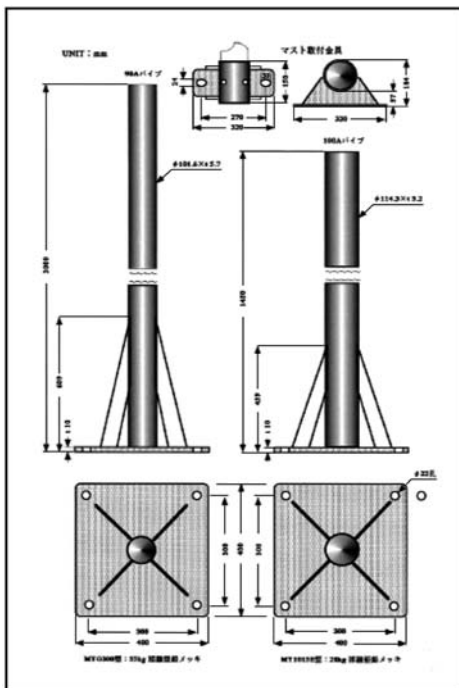


図 9. 太陽電池モジュールの支持支柱・固定金具
マスプロ電工製自立マスト（MYG450・MY1015E）



ステンレス材 アルミ材
図 8b. モジュールの支持架台枠アンクルの固定方法

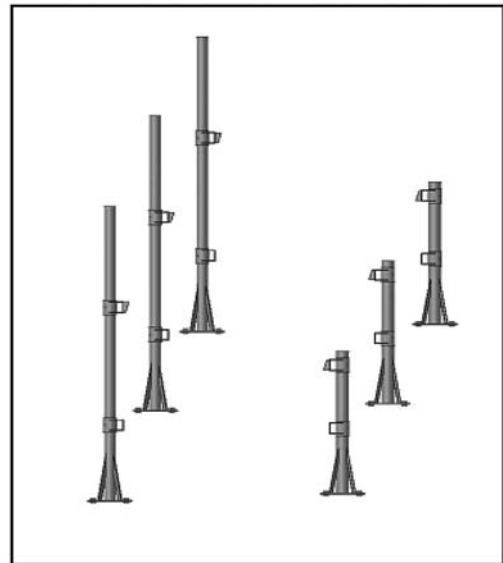


図 10. 太陽モジュール支持支柱の組立概略図



図 11. 太陽電池モジュールの事前組立（地震研車庫横）



図 14. 高台上げられた太陽電池モジュール支柱と他資材



図 15. 第二海堡の高台から観測点設営地点まで機材輸送



図 16. 小型キャタビラ付重機で機材・資材の輸送状況



図 17. 手前コンクリート円形状ボーリング掘削地点



図 18. ボーリングマシンの据付状況とケーシング管（左）



図 19. 搬入した5インチケーシング管と8インチ管（右）



図 20. ボーリング掘削開始状況。掘削 8 インチビット



図 21. 旧円形状砲台跡地からの掘削コンクリート片



図 22. 急遽乗船し第二海堡に着岸。後方工事用大型重機と灯台



図 23. 地震計埋設用ケーシング管溶接と外側 8 インチ鋼管ケーシング管の罫書き線 N 方向に向け抽出



図 24. 地震計埋設用ケーシング管挿入時の鉛直確認



図 25. 完成したボーリング孔口にフランジ溶接状況

現場に到着後ただちに掘削状況の説明を受けながら東京から持参したお神酒とお清めの塩で掘削孔と周囲のお祓いを行なわせていただいた。ボーリング孔口に塩を振りかけた時に孔底からの吹き上げ風で塩が舞い上がった。そこで地下の空洞部が第二海堡側面に見える防空壕と繋がっていることが判明した。また、第二海堡側面の防空壕跡から見てかなり空間があることも判断できた。そこで空洞部の正確な空間の調査を実施することにした。調査の方法は掘削用の1本3mのロッドを接続しながら掘削孔に挿入し3本目で底部に到達し、空洞部は4mほどの空間であることが確認できた。そこで請負業者監督、掘削責任者、著者と今後の掘削方法について協議し、孔口から4mの空洞底部まで8インチの鋼管を溶接して挿入することにした。空洞部に仮想ボーリング孔を設けることで、掘削に不可欠なベントナイト溶液の漏れ防止のためである。仕様書では、2つめの空洞を想定していなかったため、直ちに現場から8インチ鋼管材の追加手配をしていただいた。翌朝には鋼管材を第二海堡に運び入れ掘削作業が開始された(図23)。その後、掘削が10mほどで海面レベルに達するとコンクリートレンガ、積石、玉石混じりの砂礫に当たり、それらが海水と混じり合ってボーリング孔の保持ができなくなり再度掘削ができない状態に陥った。また、難問に直面したが、解決策としてベントナイト溶液を濃くすることとセメントの使用を提案したが、すでにベントナイト溶液の濃くする

方法は試みられたが掘削には効果がないと報告を受けた。

そこで最後の手段としてセメントを注入し孔底周囲を固めながら掘削を行なう方法しか残されていないとの報告を受けたが、この方法を用いるためには重大な決断が求められた。それは、抽出したセメントが海水に混ざり第二海堡周辺海域に滲みでた場合は、海水汚染で漁業問題に発展する恐れがあるためである。第二海堡の護岸工事は、国交省で第二海堡周辺海域の海水汚染防止のため、工事中は定められた時間と場所で1日2回の海水調査を実施していたこともあり、掘削開始の再指示には思い悩み熟慮をしたが、直ぐには回答できず30分ほど考える猶予をいただくことにした。そのことは、第二海堡への観測目的が東京湾で唯一地震観測点が構築でき、海底下に地震計埋設が可能な場所として選定した首都直下プロジェクトの重要観測点としての計画であったためである。そこでプロジェクト関係者と相談したが、地震計埋設は海底下が望ましいとの結論であった。現場には海水への染み出しが生じないことを祈る思いで再掘削の指示をだした。掘削は数メートル掘っては周囲をセメントで硬め、一日後に掘削する繰り返し作業の日々が続いたが、心配された海水へのセメントの染み出しなど発生せず、予定の32mに達する難掘削であったがボーリング孔は掘り上がった。その後は地震計埋設用の5インチケーシング管の溶接接続を行い挿入作業を実施した(図24)。ケーシング管の抽入も順調に進み心配されていた

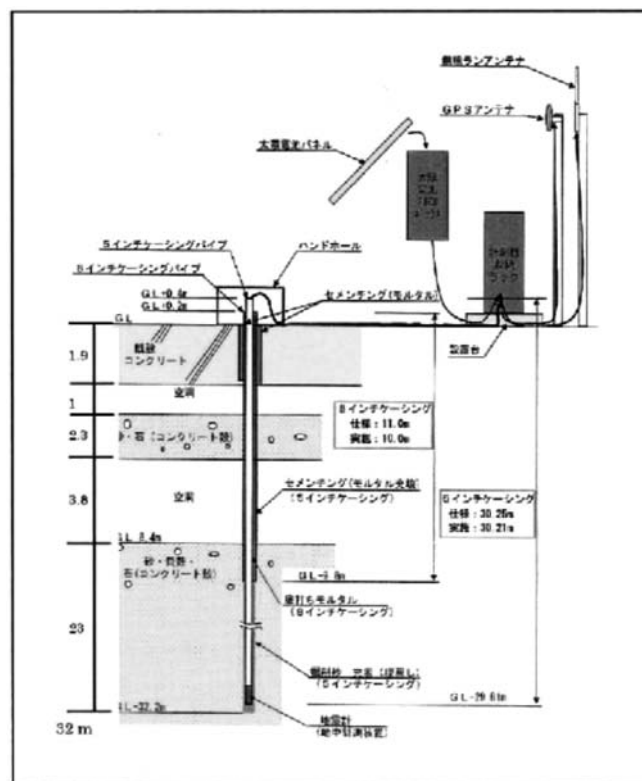


図 26. 地中観測井掘削の概念図

穴曲がりも仕様書通りに掘削でき、紆余曲折を経てようやく地震計埋設用のボーリング孔が完成した(図 25)。また完成した観測井の概念図を紹介する(図 26)。

太陽電池モジュールと観測井ハンドホール

本格的に太陽電池モジュールの支持枠及び支柱の設置組立と観測機器の取付け台などの施工を開始したが、設営地点には電源が存在しないため運び込んだ大小の発電機を用い各種の電動機具を駆使し観測点の完成まで使用することにした。

第二海堡には富津埠頭に早朝 6 時頃に集合し 2 便の作業船で渡り、現場では作業開始前に現場監督から作業員に対して安全作業の諸注意と当日の大まかな作業工程を概略施工図に基づいて説明が行われた。また、組立施工の細部については著者が説明し自らも作業を実施することになった。現場には常時 5~6 名の作業員が召集され観測点が完成するまで連日続いた(図 27, 28)。また、太陽電池モジュール

解を得て細心の注意をはらい取付け作業を進めた(図 32)。このことはモジュールがガラス製で作られているため、持ち運びや取付け時に滑り落すことの防止とヘルメットがモジュールに直接触れないことのためである。また、モジュールのセル(硝子)の材質・種類は、多結晶シリコンを使用した太陽電池である。1 枚のモジュールの大きさは 1m×1m のほぼ正方形で、8 枚のモジュールは組み上げられた枠内に容易に装着できず、枠内の固定ボルトを緩め、小型クレーンで吊りながら調整を図り取付けを完了した。

観測機器設置と地震計埋設

観測点には電源が存在しないため観測井横に太陽電池モジュールを設置し、モジュール下部には地震データ収録装置と硝子繊維強化プラスチック製(FRP)の電池収納ボックス 2 個を設置した(コスモテック EQA-650HS)。またモジュール支持支柱の上部には無線 LAN の送信アンテナと時刻校正用の GPS アンテナを取り付けた(図 33)。支持支



図 27. 太陽電池モジュール固定枠・支持支柱取付け状況



図 28. モジュール支持支柱のケミカルアンカー固定準備

架台支柱の基礎台座部の固定は、コンクリートたたき上にケミカルアンカーを用い固定した(図 29)。作業中に細部の施工箇所は、作業員から取付け位置や組立状況の説明を求められ、連日「親方」とよばれて現場を離れることはできなかった。正規の設計施工図の存在しない現場合わせ作業の辛さを痛感させられることにもなった。一日の作業終了後は宿で明日の段取りや組立詳細図などの作成に追われ、明日の天候が良好であることを願う日々であった。観測機器収納ラック、バッテリー保護カバーのコンクリート製の取付け台施工には、水が必要であるためポリタンクで富津埠頭から運び入れ実施した(図 30, 31)。組立作業も中盤頃には観測点の骨格が組み上がり、太陽電池モジュールの取付けには現場監督にヘルメット・軍手の外すこと

柱の中段には搬入した L 形アルミアングルを取付け、太陽電池コントローラボックス 2 個を設置し、モジュール下のコンクリート台に地震データ収録装置を取り付けた(図 34)。FRP のボックス内には、シールド型サイクルサービス用バッテリー(CF12V200DC) 2 個で、二つのボックス内に計 4 個を設置した。全体のバッテリーの容量は 400 Ah で、無線 LAN を含む総消費電力は約 25 W である(無日照稼働時間は 2 日以上)。またバッテリーは、FRP 製カバーとコンクリート台の隙間から潮風や塩水などの浸入により、塩害防止のためコンクリート台に直接設置せず、ステンレスアングルを用いて隔離した(図 35)。また、設置したバッテリーが大地震時にコンクリート台からずれ落ちないようにボルトで固定した(図 36)。



図 29. モジュール支持支柱固定に用いたケミカルアンカー



図 30. 手前: 観測装置取付け台, 後方: バッテリー取付け台



図 31. ボーリング孔口の保護升取付け状況



図 32. 支持支柱への太陽電池モジュールの取付け状況



図 33. パネル支柱上への無線 LAN アンテナ取付け状況



図 34. パネル下部への各種装置の取付け状況



図 35. 塩害防止のため台から離れたバッテリーの取付け



図 36. バッテリーの取付け状況と保護カバー（FRP）



図 37. 埋設ケーシング管の野書き線からの方位チェック



図 38. 掘削に用いたロッド管の検尺と左下掘削深さの検尺確認



図 39. 埋設前に行なったダミー用地震計設置のテスト



図 40. 地中地震計埋設直前に行なった地震計の動作チェック

太陽電池モジュールの取付けが完了し、つづいて観測井に地中地震計の埋設作業に取り掛かった。正規の地中地震計設置前に観測井のケーシング管埋設方向の確認作業を実施した(図 37)。この作業はケーシング管に印された罫書き線がN方向に抽入されているかの確認である。つづいて事前に用意されたダミーの地震計を用い、ケーシング管の底部の固定ピンへの地震計装着確認と埋設深さの検尺を行なった(図 38、39)。この作業は地震計の方位が正しく埋設されることへの重要な確認作業である。埋設の検証が行なわれ確認後に、正規の地中地震計の地上での動作チェックを実施した(図 40)。地震計が正常であるため本格的に埋設作業に取り掛かった(図 41)。埋設も順調に進み地震計が孔底に着装した時点で、地震計と埋設用ロッドとの切り離す作業が手順通りできなかった。原因は孔底部のケーシング管内側の突き出ているピンに地震計筐体に切り込ま

れているキー溝が完全に装着できない状態となっていたことであった。そこで地震計の引上げを行い、機械加工で生じたキー溝部のバレをヤスリで滑らかにして再埋設を実施した。結果、ダミー埋設時に確認できた深さまで埋設が完了した(図 42)。観測井の孔口にフランジを取付け地震計埋設作業が終了した(図 43)。最終工程として観測点施設周囲のフェンスの取付け作業中に(図 44)、埋設後の地震計の稼動テストを行なったが地中 30.16 m の微動データは正常に観測でき良好な記録が得られた。次に埋設地震計に人工的に振動を与えての観測方法には、思案したが観測点横に小型重機と大型発電機が置かれていることに気がつき、小型重機を観測井近傍で動かすことにし、この重機振動を 30.16 m の地震計で観測することを試みた。結果は良好な振動記録を観測することに成功した(図 45)。



図 41. ボーリング孔への地震計埋設開始状況



図 42. 地中地震計埋設完了状況(設置深度 30.16 m)



図 43. 地震計埋設完了後の信号ケーブル固定状況



図 44. 観測点周囲のフェンス囲いの支柱取付け状況

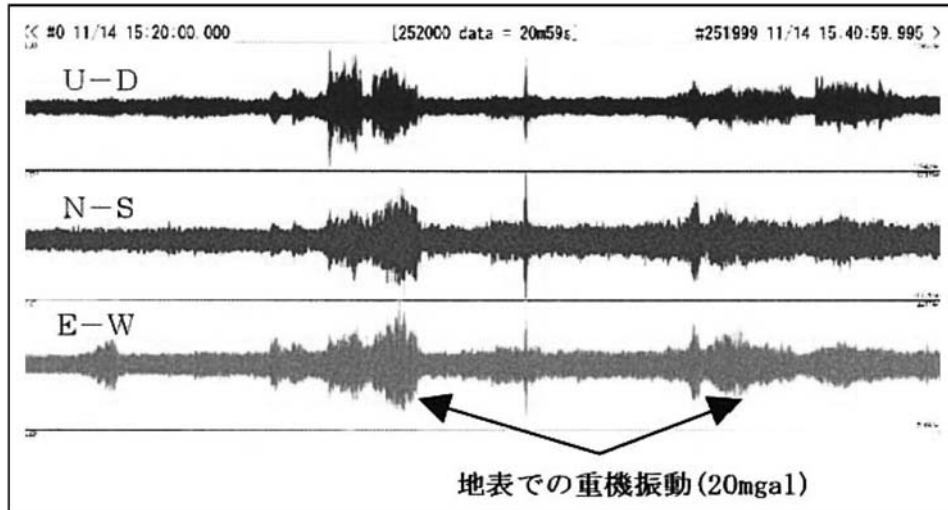


図 45. 地震計埋設完了後の微動観測波形

東京湾第二海堡地震観測点の完成

観測点設営の終盤には、作業員が8名ほど増員になり現場は混雑したが、段取りと朝礼時の説明が的確であったため順調に作業を進めることができた。しかし完成に至るまでは問題が発生する毎に現場で協議を求められ、これらの解決には計画立案者であった著者が大まかな骨組みと施工の説明を行い、細部の施工箇所については自らの加工が必要とした。また、設営作業中は宿を早朝に出発し、富津埠頭から作業船で第二海堡に向かう日々が10日間ほど続いたが、この間に悪天候のため作業船が欠航するなど作業中止も発生した。また観測点設営に予備として運び入れたL形アルミアングルやステンレス製ボルト・ナットなど大部分を使用してしまった。とくにボルト・ナット類は多めに調達したが不足がちになった。組立作業に必要な電動ドリル3個、ハンマードリル1個、工具セット及びドリル(刃)な

どの自前工具は、4個のジュラルミンケースに収納し運び入れたことで作業員から重宝がられた。設営作業で新たに必要とされたケミカルアンカー、全ネジボルト、ステンレスL形アングル及びコンクリート台施工の型枠材などは、そのつど富津で調達し第二海堡に運び入れた(図46、47)。

観測点設営場所は、設置環境の厳しい地点のため多くの関係者の協力を得なければ10日間ほどで完成できなかったと思う。完成した観測施設上部中央には、データ送信の無線LANと左側上部には時刻校正のGPSアンテナをそれぞれ取付け、データ送信テストを受信側の富津岬観測点間で行い正常に受信できることの確認作業を行った(図48)。また、太陽電池モジュール8枚の取付け状況とモジュール下部のデータ収録装置及びバッテリー収納ボックスの取付け状況を示す(図49)。最後に観測点施設の管理と防犯の目的で溶融亜鉛メッキの高さ1.2mのネットフェンスで囲い、入口扉を施錠し施設所管名を明示した看板を取付け11



図 46. 観測点設営中に富津埠頭から乗船した作業船設営地点手前仮設階段上がる。後方横須賀方面



図 47. 右側鉄塔監視カメラと保安庁消防訓練施、左側工事資材運搬用の引き舟、後方護岸工事の作業状況と灯台



図 48. 第二海堡観測点を浪波観測場から撮影（西側）



図 49. 太陽モジュール 8 枚，収録装置・バッテリー取付け状況



図 50. 完成後のフェンス扉に看板取付け状況



図 51. 海堡の全景（海上から望む），○：観測点位置

月 15 日に計画どおり終了した（図 50）。第二海堡地震観測点が全て完成し，後は完成確認として竣工検査を実施するだけである。図 51 は，観測点設営作業を終え，第二海堡を離れたときに船上から撮影した第二海堡の全景である。

おわりに

首都直下地震防災・減災特別プロジェクトでは，首都直下地震の全体像を解明し地震による被害の軽減を目的として，2007 年度から 5 ヶ年計画で，約 400 ヶ所にボアホール型の地震計を設置する首都圏地震観測網（MeSO-net）の構築が開始された。図 52 に首都直下プロジェクトの地震観測点配置の全体計画を示す。地震観測点は陸上にしか設

置できないため，東京湾においては，沿岸の埋め立て地，もしくは人工島に設置した。その中で，第二海堡とアクアライン（海ほたる・風の塔）は，地震観測点配置上，重要な位置にある。第二海堡は東京湾の富津岬沖に位置し，一大国家プロジェクトとして明治 22 年（1889 年）に着工し，25 年の歳月をかけ大正 3 年（1914）に竣工した無人の島である。現在は，海上保安庁第三管区保安本部が所管し，横須賀海上保安部が管理する国有地である。2008 年 11 月中旬には，この観測網の重要地点である東京湾第二海堡に地震観測点を完成した（図 53）。つづいて 11 月末に東京湾横断道路アクアライン 2 ヶ所（海ほたる・風の塔）にも地震観測点を完成した。

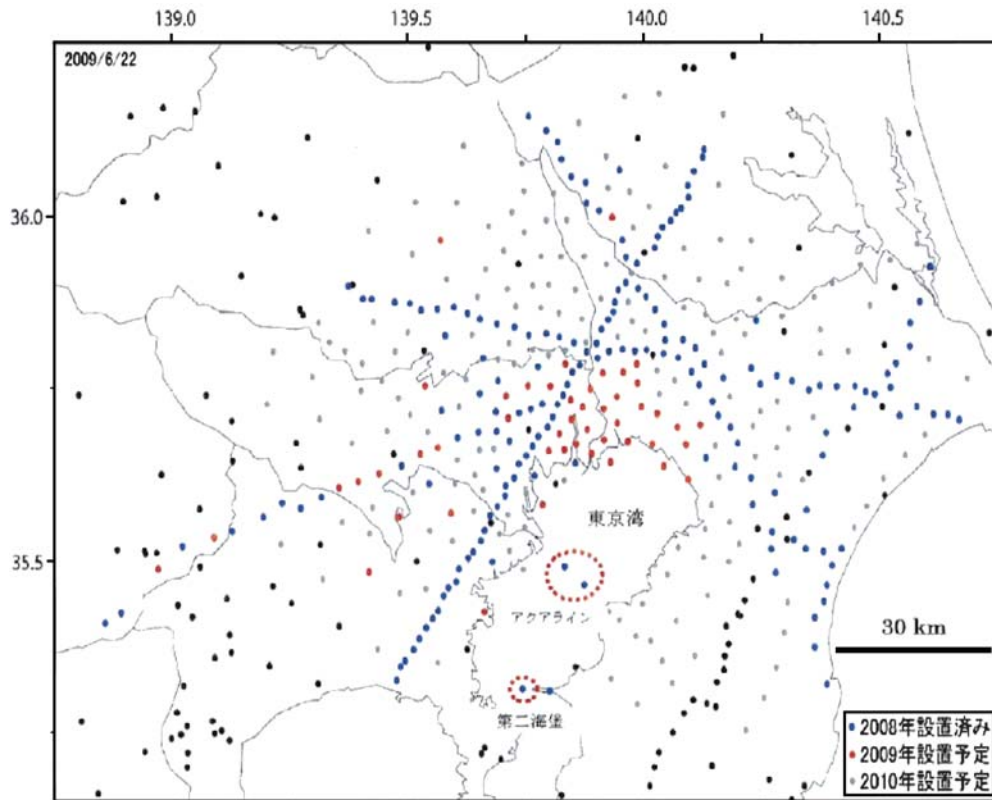


図 52. 首都直下プロジェクトの地震観測点配置の全体計画



図 53. 東京湾第二海堡に完成した地震観測点の外観：左上部 GPS, 中央上部無線 LAN アンテナ

すでに各観測点では良好な地震データが多数得られている。第二海堡地震観測点は、機器故障や不具合など発生せず順調に稼動し、良好な地震データが得られていることを報告する。たとえば、図 54 の波形は 2009 年 8 月 21 日千葉県西部で発生した M 4.2、深さ 64 km の地震の加速度波形である。この地震で地震研究所地表観測点に観測された加

速度値は、U-D : 13 gal, N-S : 6 gal, E-W : 7 gal 程度である。図 55 の波形は、2009 年 8 月 9 日に東海道南方沖で発生した M 6.8、深さ 330 km の深発地震である。最大加速度は 0.5 gal 以下の極小さな値であるが 10 秒のローパスフィルターを通すことにより明瞭に見て取れる記録である。図 56 は、2009 年 9 月現在の第二海堡の現況を示す。

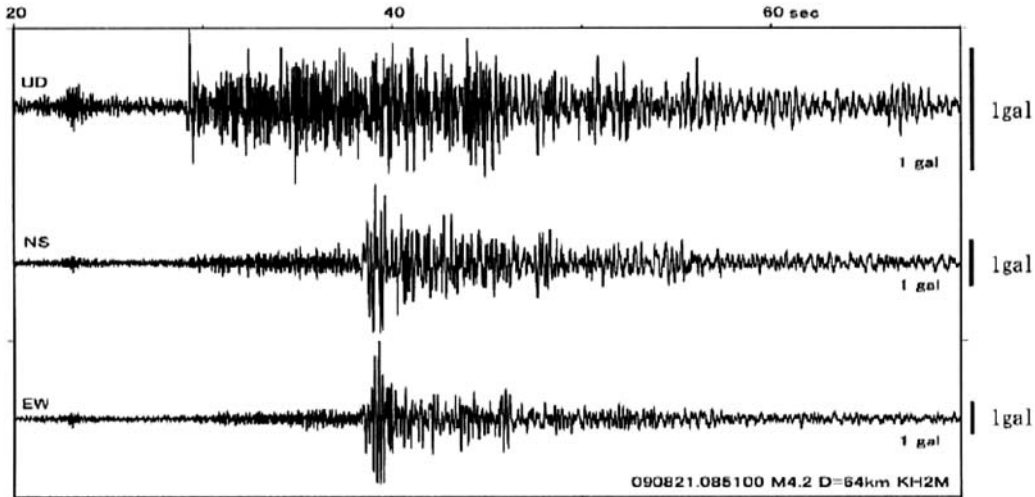


図 54. 2009 年 8 月 21 日千葉県西部の地震 M 4.2, Dep 64 km, 第二海堡で観測された加速度波形 (gal)

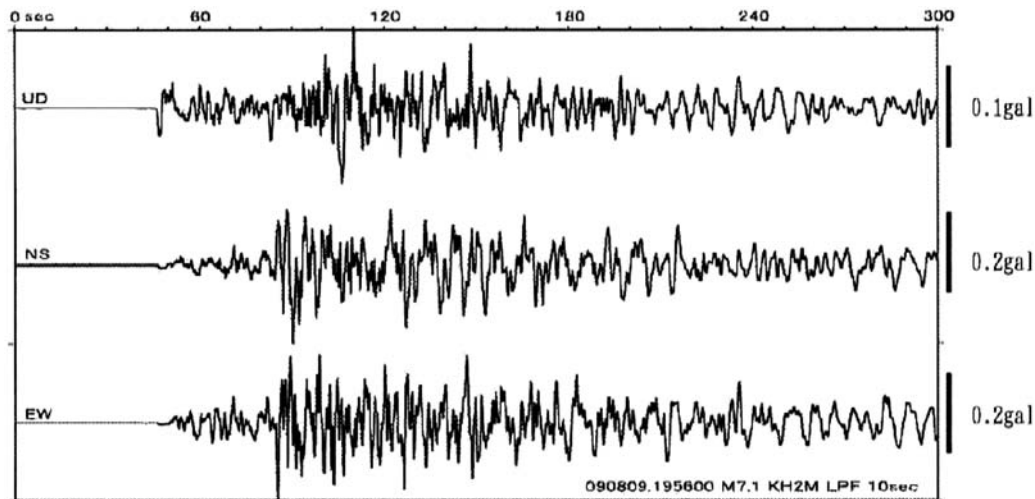


図 55. 2009 年 8 月 9 日東海道南方沖の地震 M 6.8, Dep 330 km, 第二海堡で観測された加速度波形 (gal)



図 56. 2009 年 9 月現在の第二海堡の全貌。左辺：護岸工事状況。中央：海上保安庁の消防訓練施設。右辺：国交省波浪観測所と○印：地震研海堡地震観測点が見て取れる。航空写真：国交省提供による

謝 辞：東京湾第二海堡での地震観測点の設営には、海上保安庁第三管区海上保安本部、海上保安庁横須賀海上保安部、国土交通省関東地方整備局東京湾口航路事務所の関係者各位のご協力を頂き完成できたものと深く感謝とお礼を申し上げます。また、環境条件の厳しい人工島での観測点設営作業と渡船など請け負っていただきました五洋建設株式会社に感謝を申し上げます。また、ボーリング掘削では難掘削の連続にも関わらず最後まで地震計埋設のボーリング孔を完成させていただいた相模地水株式会社に深く感謝を申し上げます。また、観測点設営の概略設計から地震計埋設および観測点立上げにご協力いただきました白山工業株式会社の関係者に感謝を申し上げます。また、太陽電池モジュールの取付け枠や支柱への取付け金具など晩くまで製作を行なっていただいた、地震研究所技術部の内田正之技術職員・松本繁樹技術補佐員には心から感謝いたします。また、事務手続では、土地貸借・請負契約・乗船名簿作成など円滑に進めていただいた地震研究所事務部研究支援チーム管理担当高島悟史専門職員と鈴木隆人主任に感謝を申し上げます。この首都直下減災プロジェクトの中心的メンバーの笠原敬司特任教授、酒井慎一准教授、中川茂樹助教、宮川幸治技術職員の皆様には専門的なアドバイスとサポートをしていただきました。第二海堡の特殊な地点での地震観測点の設営では、多くの皆様にお世話になりまし

た。とくに首都直下プロジェクト代表者の平田直教授には、貴重な得がたい体験の機会を与您して頂いたことに対し、感謝とお礼を申し上げます。

本報告を纏めるに当っては、酒井慎一准教授、中川茂樹助教、三宅弘恵助教、楠城一嘉特任助教の皆様には適切なお助言とご協力をいただきました。感謝とお礼を申し上げます。

本研究は、文部科学省の研究委託事業「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト①首都圏でのプレート構造調査、震源断層モデル等の構造等」の一部として行なわれた。

文 献

- 澁一変わりゆく東京湾一，2003，国土交通省関東地方整備局東京湾口航路事務所，68 頁。
- 首都圏地震観測網 MeSO-net 紹介資料，2008，首都直下地震防災・減災プロジェクト事務局，東京大学地震研究所。
- 第二海堡中感度地震観測井掘削及び地震計設置工事一報告書一，2008，五洋建設株式会社，42 頁。
- 第二海堡中感度地震観測井完成図一報告書一，2008，白山工業株式会社，48 頁。
- 内田正之・松本繁樹・坂上 実，2009，首都直下地震防災・減災特別プロジェクトにおける検出器取付け装置及び太陽電池モジュールの支持架台の製作について，東京大学地震研究所職員研修会一発表集一，11。
- 坂上 実，2009，首都直下地震防災・減災特別プロジェクトにおける東京湾第二海堡での地震観測点の設営について，東京大学地震研究所職員研修会一発表集一，13-14。