

東海第二発電所 基礎杭の杭構造形式の選定について

2017年5月30日
日本原子力発電株式会社

1. 敷地の地質的特徴

東海第二発電所の敷地の地盤は、岩盤が浅い区間と深い区間があり、深い区間には、非液状化層でありかつ基礎杭の摩擦支持力を有する過圧密粘土層が存在する。

これらの地質的な特徴や有効応力解析結果等を考慮し、基礎杭構造の選定を行う。

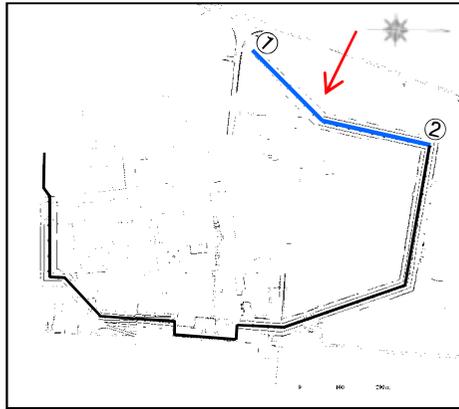


鋼管杭鉄筋コンクリート壁位置図

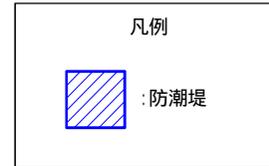
基礎杭の杭構造形式の選定について

防潮堤沿いの地質縦断図(1)

2017年4月4日ヒアリング資料
(一部追記・修正)



防潮堤 平面図

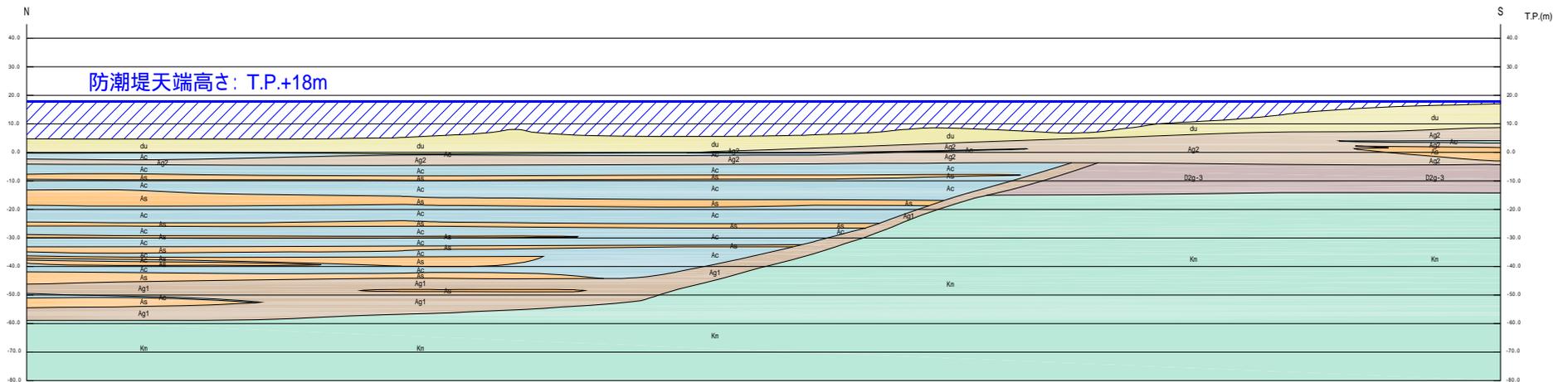


地質構成表

| 地質時代 | 地質区分 | 記号 | 岩種 | 備考 |
|-------------|--------------|-------|------|------------------------------------|
| 新 鮮 世 | 沖積堆積地 堆積層 | du | 砂 | 陸地全域に広く分布する。 |
| | | Ag2 | 砂礫 | 陸地全域に広く分布する。 |
| | | Ac | 粘土 | 五層川が堆積した河床の 砂を埋めて分布する。 |
| | | Ag1 | 砂礫 | |
| 新 鮮 世 | 低地段丘I 堆積層 | D0q-3 | シルト | 陸地全域に堆積段丘 として分布する。 |
| | | D0v-3 | 砂 | |
| | | D0r-3 | 砂礫 | |
| | | D0g-3 | シルト | |
| | | D0a-3 | 砂礫 | |
| 紀 新 世 | 中位段丘 堆積層 | kn | ローム | 陸地の全域部に分布し、 いくつかの礫堆積層を 構成する。 |
| | | D1a-1 | シルト | |
| | | D1g-1 | 砂礫 | |
| 第三紀 新鮮世 | 久米層 | Kn | 砂質泥岩 | 陸地の基盤岩である。 |

~~~~~ 不整合

← 鋼管杭鉄筋コンクリート壁 →

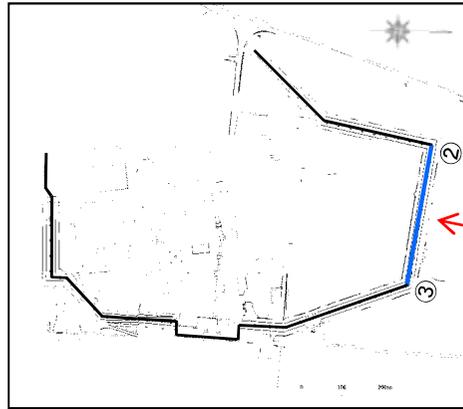


- 断面図

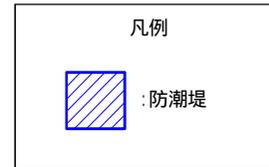
# 基礎杭の杭構造形式の選定について

## 防潮堤沿いの地質縦断図(2)

2017年4月4日ヒアリング資料  
(一部追記・修正)



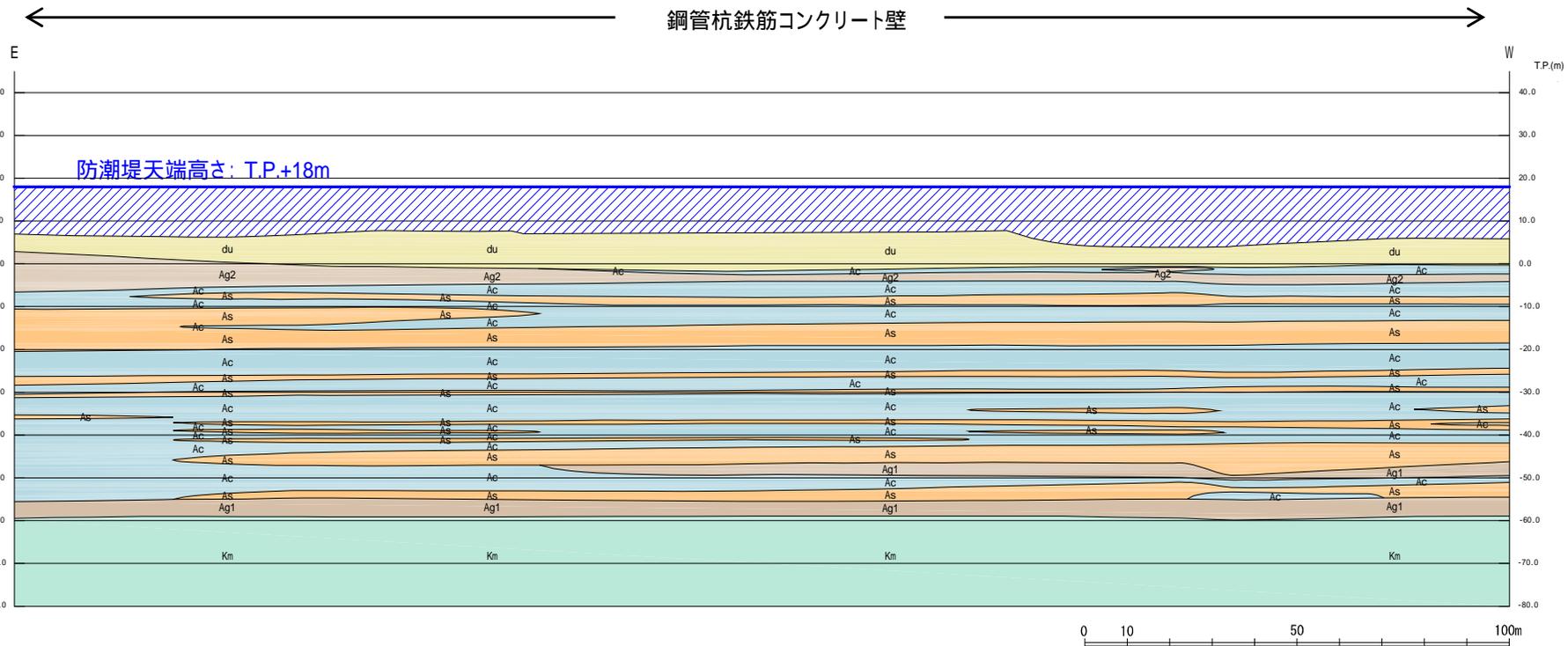
防潮堤 平面図



地質構成表

| 地質時代  | 地質区分      | 記号     | 岩相   | 備考                       |
|-------|-----------|--------|------|--------------------------|
| 新 第三紀 | 沖積堆積層     | du     | 砂    | 陸地全域に広く分布する。             |
|       |           | Ag2    | 砂礫   | 陸地全域に広く分布する。             |
|       |           | Ac     | 粘土   | 五箇川が堆積した四角湖の湖沼堆積物に由来する。  |
|       |           | As     | 砂    | 五箇川が堆積した四角湖の湖沼堆積物に由来する。  |
| 第四紀   | 低地段丘I 堆積層 | Ag1    | 砂礫   | 陸地全域に堆積段丘として分布する。        |
|       |           | Si1a-3 | シルト  |                          |
|       |           | Si2a-3 | 砂    |                          |
|       |           | Si2b-3 | 砂礫   |                          |
|       |           | Si3a-3 | シルト  |                          |
|       |           | Si3b-3 | 砂礫   |                          |
| 第四紀   | 中位段丘 堆積層  | kn     | ローム  | 陸地の低地部に分布し、いかゆる傾斜面を構成する。 |
|       |           | Si1a-1 | シルト  | 陸地の低地部に分布し、いかゆる傾斜面を構成する。 |
|       |           | Si1b-1 | 砂礫   |                          |
| 第四紀   | 久米層       | kn     | 砂質泥岩 | 陸地の低地部である。               |

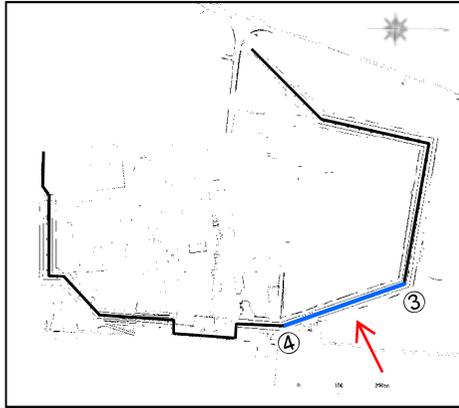
~~~~~ 不整合



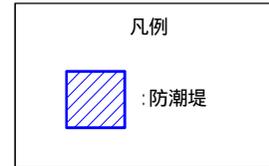
- 断面図

基礎杭の杭構造形式の選定について 防潮堤沿いの地質縦断図(3)

2017年4月4日ヒアリング資料
(一部追記・修正)



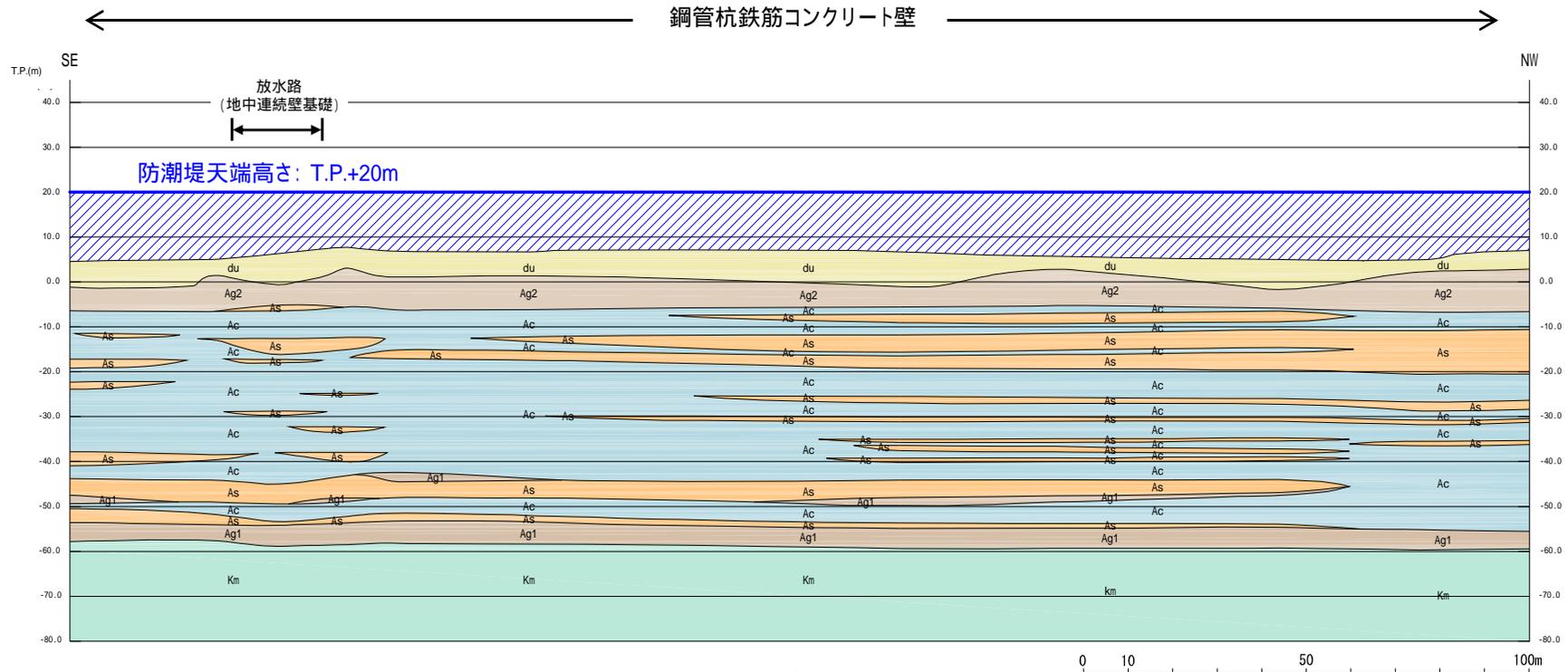
防潮堤 平面図



地質構成表

| 地質時代 | 地質区分 | 記号 | 岩種 | 備考 |
|------------------|--------------|-------|------|------------------------------|
| 新 鮮 世 | 沖積堆積地 堆積層 | du | 砂 | 敷地全域に広く分布する。 |
| | | Ag2 | 砂礫 | 敷地全域に広く分布する。 |
| | | Ac | 粘土 | 五箇川が堆積した四角湖の 湖沼堆積物に由来する。 |
| | | Ag1 | 砂礫 | |
| 新 鮮 世 | 低地段丘I 堆積層 | DUa-3 | シルト | 敷地全域に堆積層として分布する。 |
| | | DUv-3 | 砂 | |
| | | DUc-3 | 砂礫 | |
| | | DUv-3 | シルト | |
| | | DUa-3 | 砂礫 | |
| 紀 新 鮮 世 | 中位段丘 堆積層 | km | ローム | 敷地の東部部に分布し、 いくつかの礫石が混在する。 |
| | | D1a-1 | シルト | |
| | | D1g-1 | 砂礫 | |
| 新 鮮 世 | 久米層 | km | 砂質泥岩 | 敷地の基盤岩である。 |

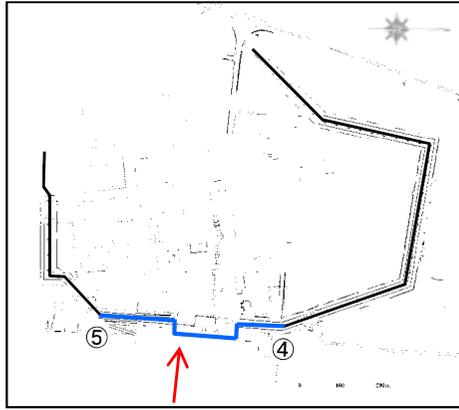
~~~~~ 不整合



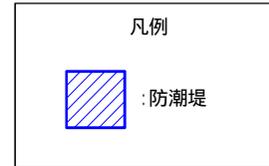
- 断面図

# 基礎杭の杭構造形式の選定について 防潮堤沿いの地質縦断図(4)

2017年4月4日ヒアリング資料  
(一部追記・修正)



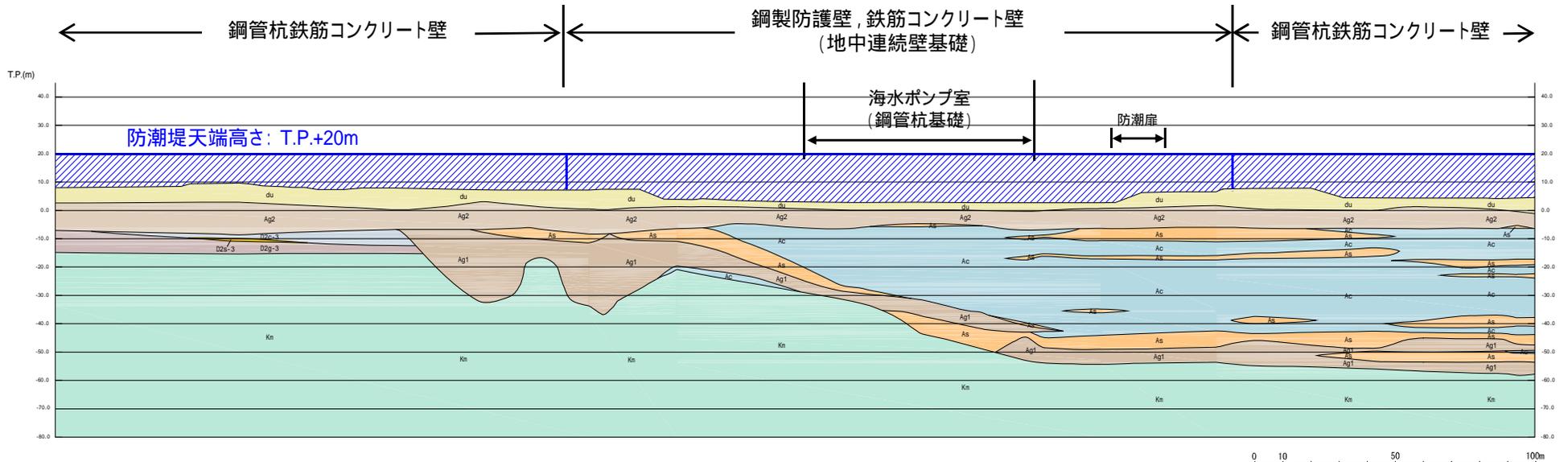
防潮堤 平面図



地質構成表

| 地質時代             | 地質区分         | 記号    | 岩種   | 備考                                 |
|------------------|--------------|-------|------|------------------------------------|
| 新<br>鮮<br>層      | 砂浜層          | du    | 砂    | 陸地全域に広く分布する。                       |
|                  | 沖積堆積地<br>堆積層 | Ag2   | 砂礫   | 陸地全域に広く分布する。                       |
|                  |              | As    | 粘土   | 丸瀬川が堆積した河床の<br>砂を埋めて分布する。          |
|                  |              | Ag1   | 砂礫   |                                    |
| 新<br>鮮<br>層      | 低地段丘I<br>堆積層 | D2g-3 | シルト  | 陸地全域に埋没段丘<br>として分布する。              |
|                  |              | D2v-3 | 砂    |                                    |
|                  |              | D2e-3 | 砂礫   |                                    |
|                  |              | D2r-3 | シルト  |                                    |
|                  |              | D2a-3 | 砂礫   |                                    |
|                  |              | kn    | ローム  |                                    |
| 紀<br>新<br>鮮<br>層 | 中位段丘<br>堆積層  | D1g-1 | シルト  | 陸地の表層部に分布し、<br>いつか堆積物崩壊面を<br>構成する。 |
|                  |              | D1a-1 | 砂礫   |                                    |
| 新<br>鮮<br>層      | 久米層          | Kn    | 砂質泥岩 | 陸地の基盤層である。                         |

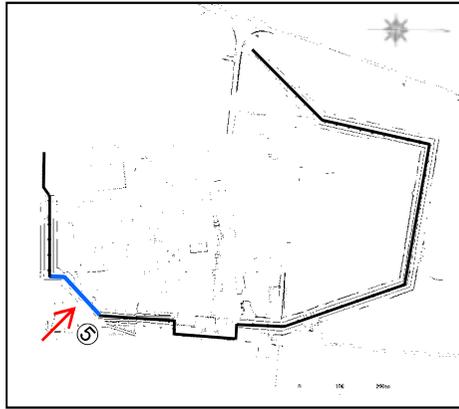
~~~~~ 不整合



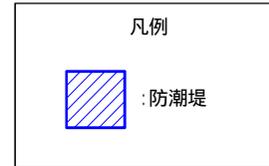
- 断面図

基礎杭の杭構造形式の選定について 防潮堤沿いの地質縦断図(5)

2017年4月4日ヒアリング資料
(一部追記・修正)



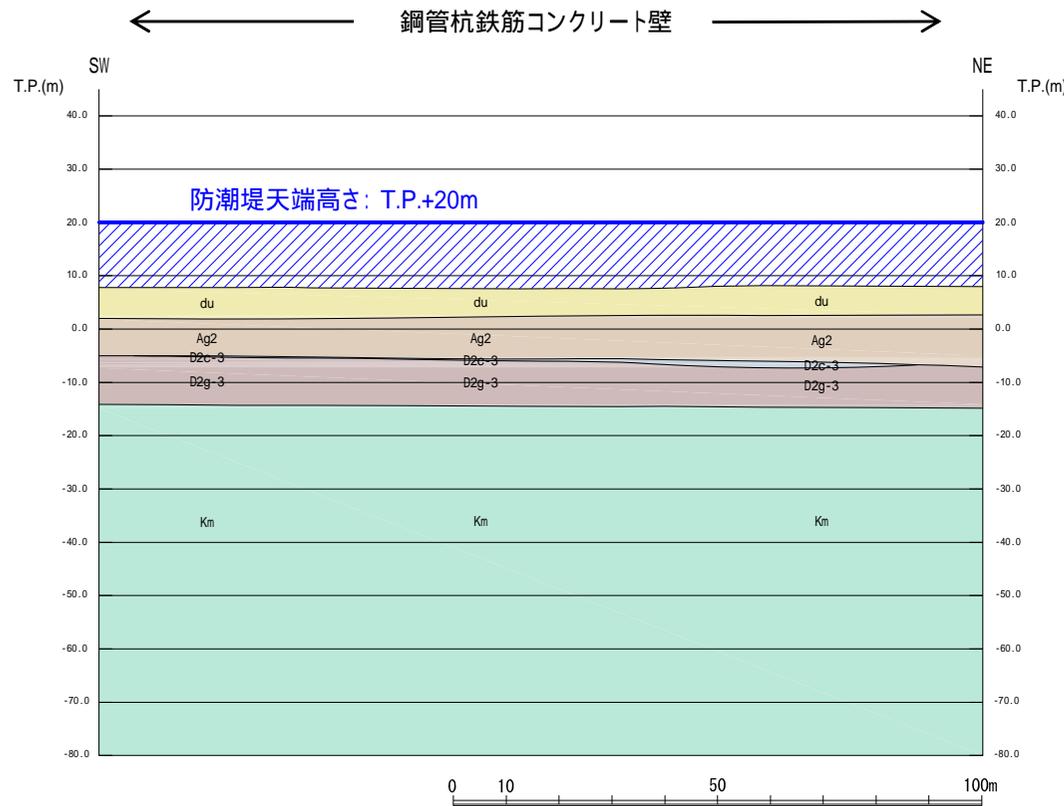
防潮堤 平面図



地質構成表

| 地質時代 | 地質区分 | 記号 | 岩種 | 備考 | |
|--------|--------------|------------|-------|------------|------------------------------------|
| 新 鮮 | 砂浜層 | | du | 砂 | 陸地全域に広く分布する。 |
| | 沖積低地 堆積層 | 久慈川 堆積層 | Ag2 | 砂礫 | 陸地全域に広く分布する。 |
| | | | Ag | 粘土 | 五郎川が堆積した河川の 砂を埋めて分布する。 |
| | | | Ag1 | 砂礫 | |
| 新 鮮 | 低地段丘I 堆積層 | | D2c-3 | シルト | 陸地全域に埋没段丘 として分布する。 |
| | | | D2v-3 | 砂 | |
| | | | D2e-3 | 砂礫 | |
| | | | D2g-3 | シルト | |
| | | | D2a-3 | 砂礫 | |
| | | | kn | ローム | |
| 紀 新 | 中位段丘 堆積層 | | D1g-1 | シルト | 陸地の低地部に分布し、 いわゆる埋没段丘面を 構成する。 |
| | | | D1a-1 | 砂礫 | |
| 新 鮮 | 久米層 | Km | 砂質泥岩 | 陸地の基盤岩である。 | |

~~~~~ 不整合

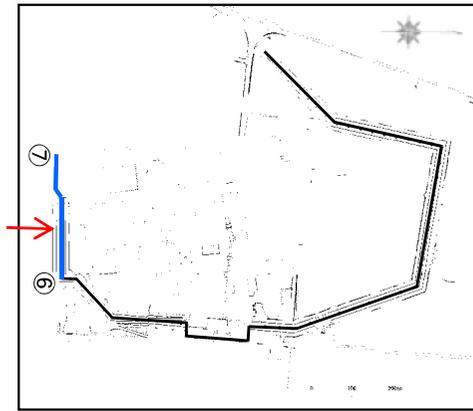


- 断面図

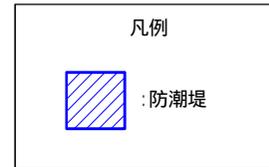
# 基礎杭の杭構造形式の選定について

## 防潮堤沿いの地質縦断図(6)

2017年4月4日ヒアリング資料  
(一部追記・修正)



防潮堤 平面図

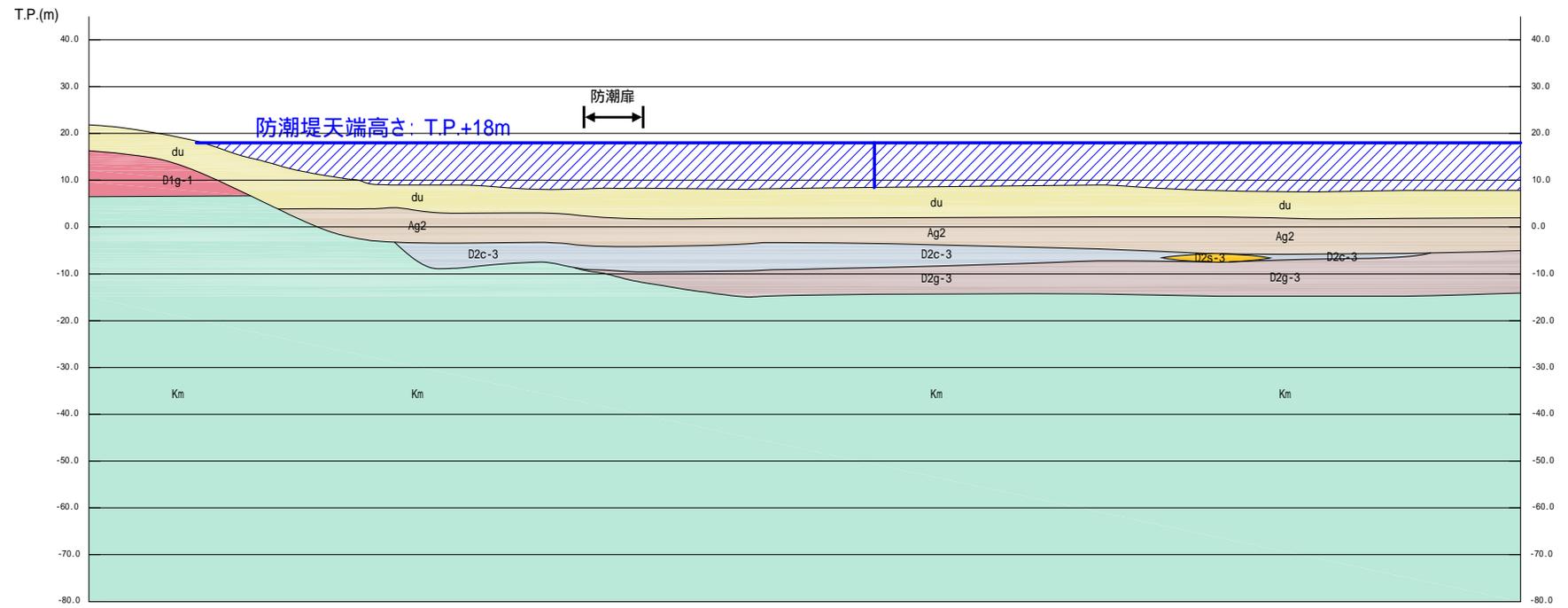


地質構成表

| 地質時代   | 地質区分          | 記号    | 岩相   | 備考                               |
|--------|---------------|-------|------|----------------------------------|
| 新 第三紀  | 沖積堆積地<br>堆積層  | du    | 砂    | 陸地全域に広く分布する。                     |
|        |               | Ag2   | 砂礫   | 陸地全域に広く分布する。                     |
|        |               | Ag1   | 砂    | 五箇川が堆積した河床の<br>砂を埋めて分布する。        |
|        |               | D2c-3 | シルト  |                                  |
|        |               | D2g-3 | 砂    | 陸地全域に堆積層と<br>して分布する。             |
| 新 第四紀  | 低地段丘 I<br>堆積層 | D2c-3 | シルト  |                                  |
|        |               | D2g-3 | 砂    |                                  |
|        |               | D2c-3 | シルト  |                                  |
|        |               | D2g-3 | 砂    |                                  |
| 紀 新第三紀 | 中位段丘<br>堆積層   | km    | ローム  | 陸地の両側に分布し、<br>いつか砂礫堆積層を<br>構成する。 |
|        |               | D1g-1 | シルト  |                                  |
|        |               | D1g-1 | 砂    |                                  |
| 新第三紀   | 久米層           | km    | 砂質泥岩 | 陸地の基盤面である。                       |

~~~~~ 不整合

← 鋼管杭鉄筋コンクリート壁 →



- 断面図

基礎杭の杭構造形式の選定について

「杭構造形式選定フロー」



2. 杭構造形式の選定

東海第二発電所の敷地には、岩盤が浅い区間と深い区間があり、深い区間には、非液状化層でありかつ基礎杭の摩擦支持力を有する過圧密粘土層が存在する等の特長を活かし、右のフローにより基礎杭構造の選定を行う。

2) 摩擦杭の載荷試験データによると、摩擦杭であっても短期の支持力は、支持杭と同程度の値となることが確認されている。しかし、長期の支持力特性に不明な点があるため、摩擦杭の場合は支持杭に比較して大きな安全率を適用するものとする。

ただし、これまで問題とされてきた長期の支持力特性についても、過圧密地盤に適切に根入れされた場合等であれば、長期沈下の影響は少ない。このため、摩擦杭であっても3)に述べる条件を満足する場合には、支持杭と同一の安全率を採用してよい。

なお、摩擦杭の場合、杭先端の支持力は原則として考慮しないものとする。また、中掘り杭の摩擦杭形式はこれまでの実績がほとんどないため、その採用にあたっては支持力特性を十分に検討しなければならない。

3) 支持杭と同一の安全率を適用できる摩擦杭の条件は次に示すとおりである。

- ① 著しい地盤沈下が現在進行中でないこと及び将来とも予想されないこと
- ② 杭の根入れ長が杭径の25倍（杭径1m以上の杭については25m）程度以上あること
- ③ 粘性土地盤においては、杭の根入れ長の1/3以上が過圧密地盤に根入れされていること

表-12.4.1 安全率 n

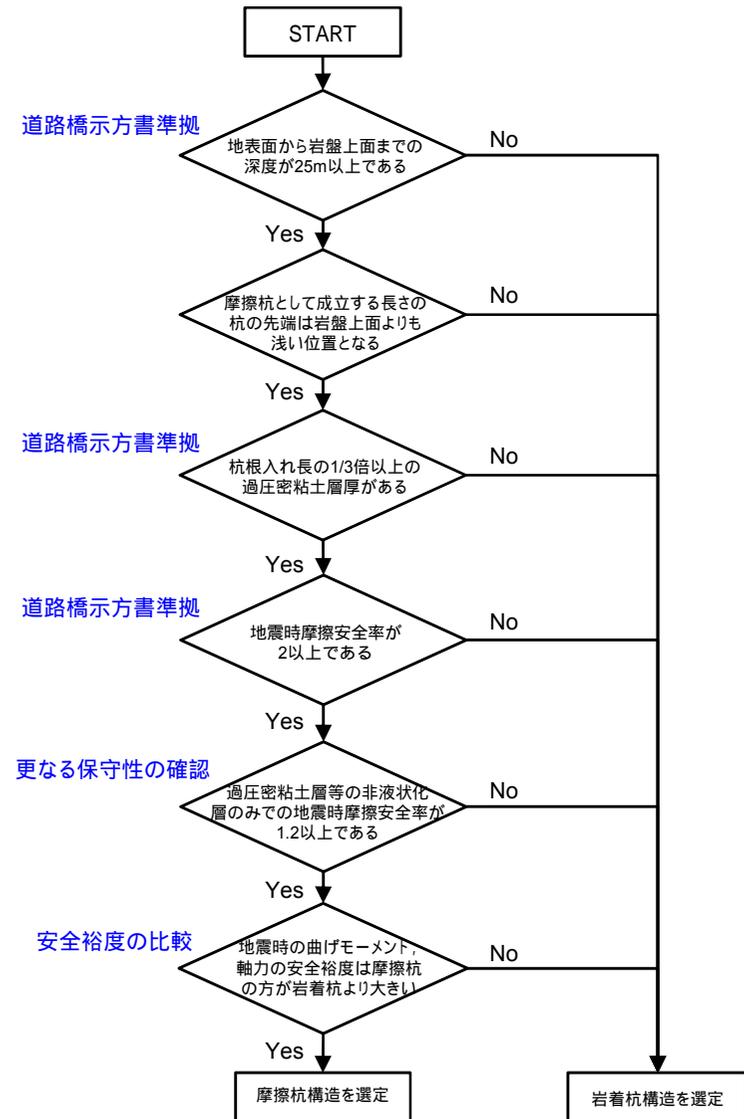
| 荷重状態 | 杭の種類 | |
|--------------|------|------|
| | 支持杭 | 摩擦杭* |
| 常時 | 3 | 4 |
| 暴風時, レベル1地震時 | 2 | 3 |

*: 支持杭と同等の安全性を有する摩擦杭は、支持杭の安全率を適用する。

表-解 12.4.5 最大周面摩擦力度 (kN/m²)

| 施工方法 | 地盤の種類 | |
|-----------------------------|------------|-----------------|
| | 砂質土 | 粘性土 |
| 打込み杭工法 (打撃工法, バイプロハンマ工法) | 2N (≦100) | c又は10N (≦150) |
| 場所打ち杭工法 | 5N (≦200) | c又は10N (≦150) |
| 中掘り杭工法 | 2N (≦100) | 0.8c又は8N (≦100) |
| プレボーリング杭工法 | 5N (≦150) | c又は10N (≦100) |
| 鋼管ソイルセメント杭工法 | 10N (≦200) | c又は10N (≦200) |

ただし、cは地盤の粘着力 (kN/m²)、Nは標準貫入試験のN値



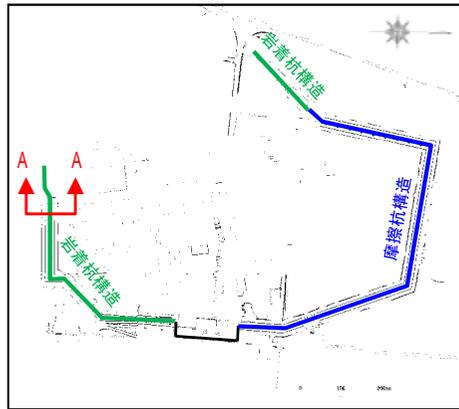
基礎杭の杭構造形式の選定について

杭構造形式の選定結果(敷地南側:岩盤が浅い区間)

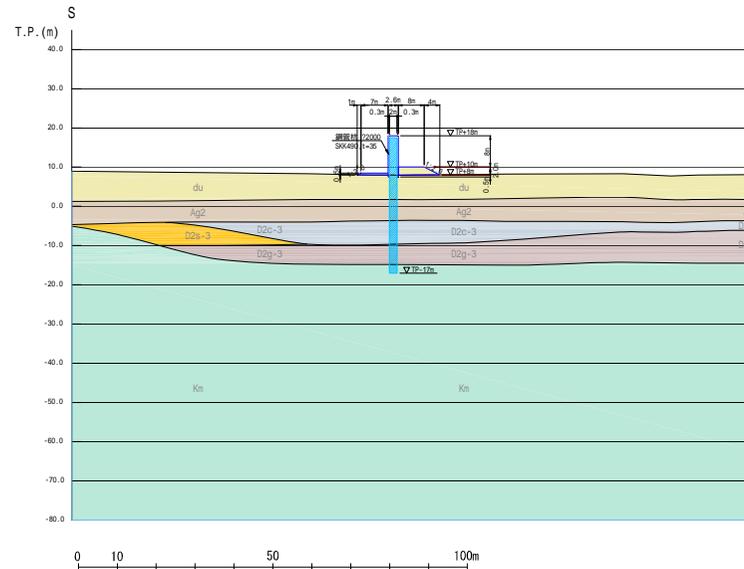
3. 構造形式の選定結果

1) 敷地南側の杭構造

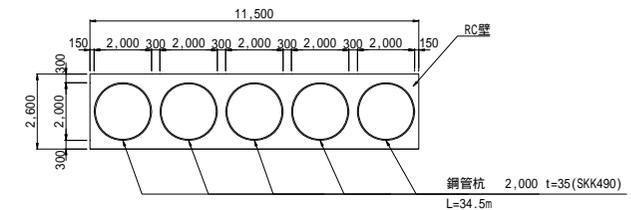
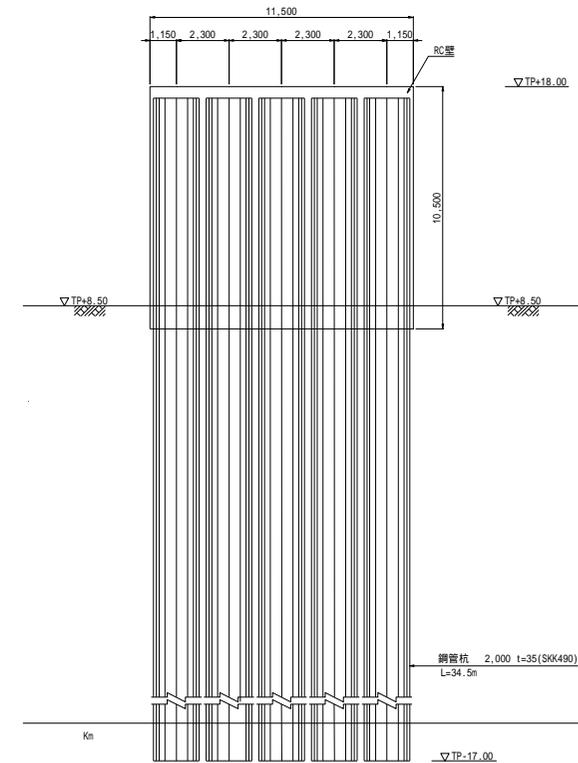
敷地南側は、岩盤上面深度がGL-20m～GL-30mと比較的浅いこと、及び過圧密粘土層がほとんど分布していないことから、「杭構造形式選定フロー」に基づき岩着杭構造を選定する。



防潮堤 平面図



断面図(A-A)



正面図(施工ブロック図)

有効応力解析に基づく結果(基準地震動Ss-D1++)

| 項目 | 照査項目 | 評価結果 | 照査値 | 判定 |
|------|--------|--|------|----|
| 照査項目 | 杭の曲げ軸力 | 173N/mm ² 277.5N/mm ² | 0.62 | OK |
| | 杭のせん断力 | 16.0N/mm ² 157.5N/mm ² | 0.11 | OK |
| | 杭支持力 | 1,685kN/本 4,108kN/本 | 0.41 | OK |

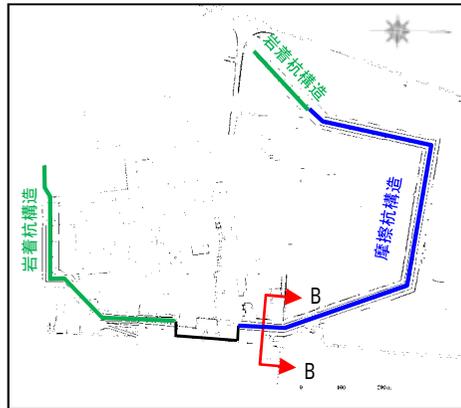
基礎杭の杭構造形式の選定について

杭構造形式の選定結果(敷地北側:岩盤が深い区間)

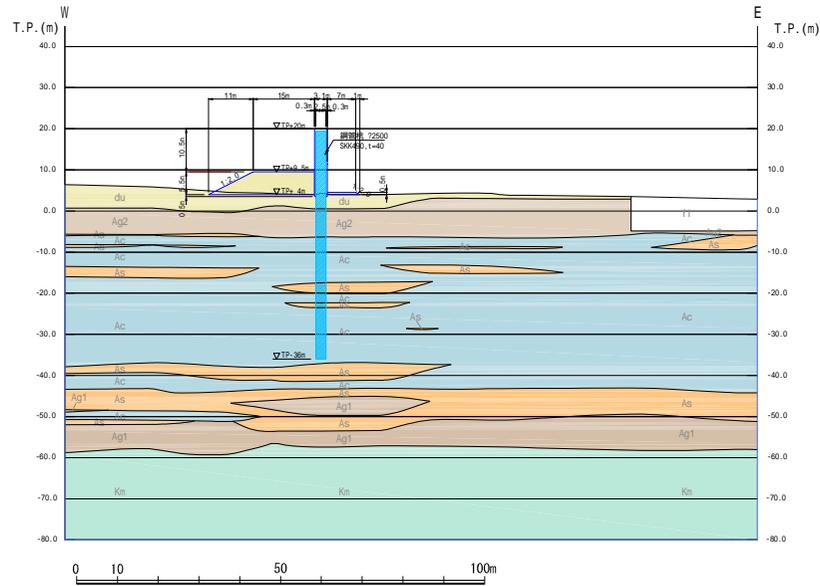


2) 敷地北側の杭構造

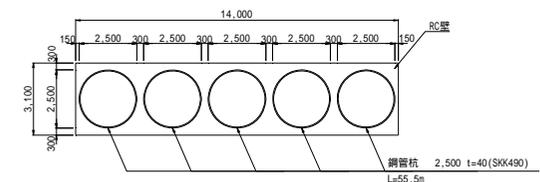
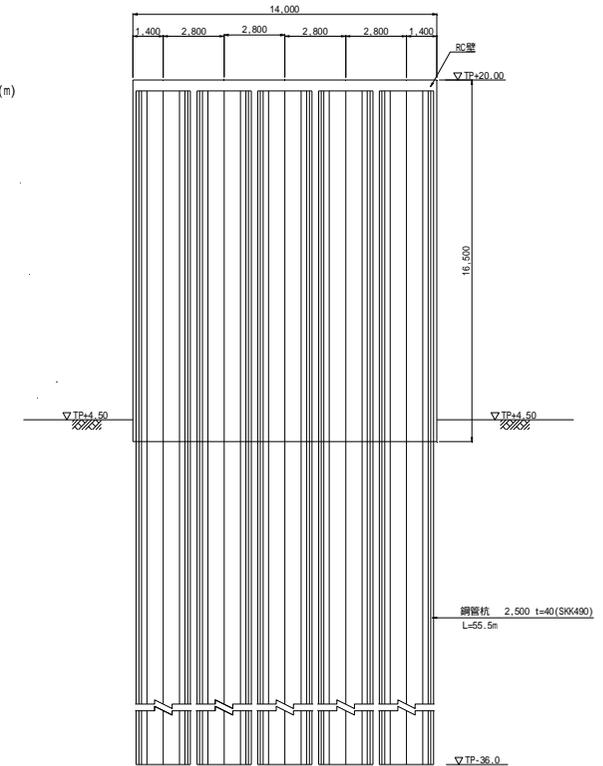
敷地北側の岩盤上面深度がGL-70m程度と深く、過圧密粘土層が豊富に分布する区間においては、「杭構造形式選定フロー」に基づき摩擦杭構造を選定する。



防潮堤 平面図



断面図 (B - B)



正面図(施工ブロック図)

有効応力解析に基づく結果(基準地震動Ss-D1++)

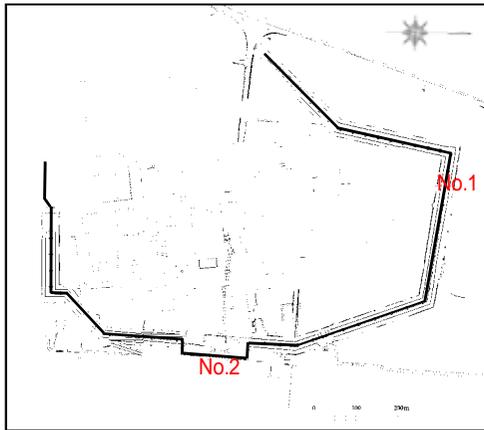
| 項目 | 評価結果 | 照査値 | 判定 | |
|--------|----------------|--|------|----|
| 鋼管杭の照査 | 杭の曲げ軸力 | 155.1N/mm ² 277.5N/mm ² | 0.56 | OK |
| | 杭のせん断力 | 15.6N/mm ² 157.5N/mm ² | 0.10 | OK |
| | 過圧密粘土層への根入長 | 粘性土層長25.97m > 粘性土層根入れ長13.33m 全層根入れ全長40m 40/3=13.33m | - | OK |
| | 杭支持力(全層) | 3,504kN/本 4,025kN/本 | 0.87 | OK |
| | 杭支持力(過圧密粘土層のみ) | 3,504kN/本 6,273kN/本 | 0.56 | OK |

基礎杭の杭構造形式の選定について

杭載荷試験(引抜き試験)

4. 原地盤における杭周面摩擦力度の確認

- 原位置での杭載荷試験(引抜き試験)により、杭の周面摩擦力度を確認する。



杭載荷試験位置図

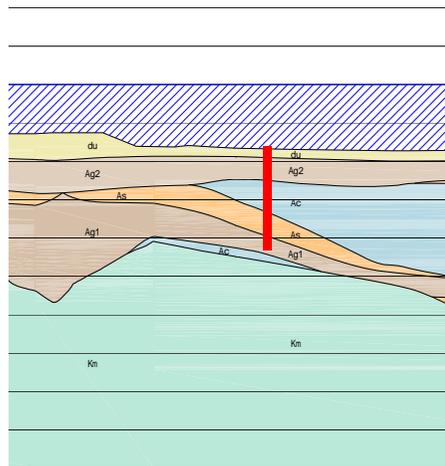
試験杭の仕様

| 杭種 | 鋼管径 (mm) | 杭長L(m) | 板厚t(mm) | 材質 |
|-----------|----------|--------|---------|--------|
| 試験杭No.1地点 | 1,200 | 66.0 | 25 | SKK490 |
| 試験杭No.2地点 | 1,200 | 28.5 | 14 | SKK490 |

引抜き試験内容一覧表

| 項目 | 試験内容 | | | | |
|--------|---|-----|--|-----|------------------------------|
| 試験方法 | 地盤工学会基準「杭の鉛直載荷試験方法・同解説」杭の引抜き試験(JGS1813-2002)に基づく多サイクル法で実施する。 | | | | |
| 載荷装置 | 反力杭と載荷桁による反力杭方式 | | | | |
| 試験最大荷重 | No.1 Pmax = 17,000kN No.2 Pmax = 9,000kN ・時間(時刻・経過時間) ・荷重(油圧ジャッキ・圧力変換器) | | | | |
| 測定項目 | <table border="1"> <tr> <td>試験杭</td> <td> ・杭頭変位量(変位計 n = 4点) ・杭先端変位量(変位計 n = 2点) ・杭頭水平変位量(変位計 n = 2点) ・ひずみ計 No.1 1断面×4方向 2~9断面×2方向 No.2 1断面×4方向 2~7断面×2方向 </td> </tr> <tr> <td>反力杭</td> <td>・浮き上がり量(変位計 No.1 4点 No.2 2点)</td> </tr> </table> | 試験杭 | ・杭頭変位量(変位計 n = 4点) ・杭先端変位量(変位計 n = 2点) ・杭頭水平変位量(変位計 n = 2点) ・ひずみ計 No.1 1断面×4方向 2~9断面×2方向 No.2 1断面×4方向 2~7断面×2方向 | 反力杭 | ・浮き上がり量(変位計 No.1 4点 No.2 2点) |
| 試験杭 | ・杭頭変位量(変位計 n = 4点) ・杭先端変位量(変位計 n = 2点) ・杭頭水平変位量(変位計 n = 2点) ・ひずみ計 No.1 1断面×4方向 2~9断面×2方向 No.2 1断面×4方向 2~7断面×2方向 | | | | |
| 反力杭 | ・浮き上がり量(変位計 No.1 4点 No.2 2点) | | | | |

No.2地点



No.1地点

