

# 原発津波防潮堤の問題 浜岡・女川原発

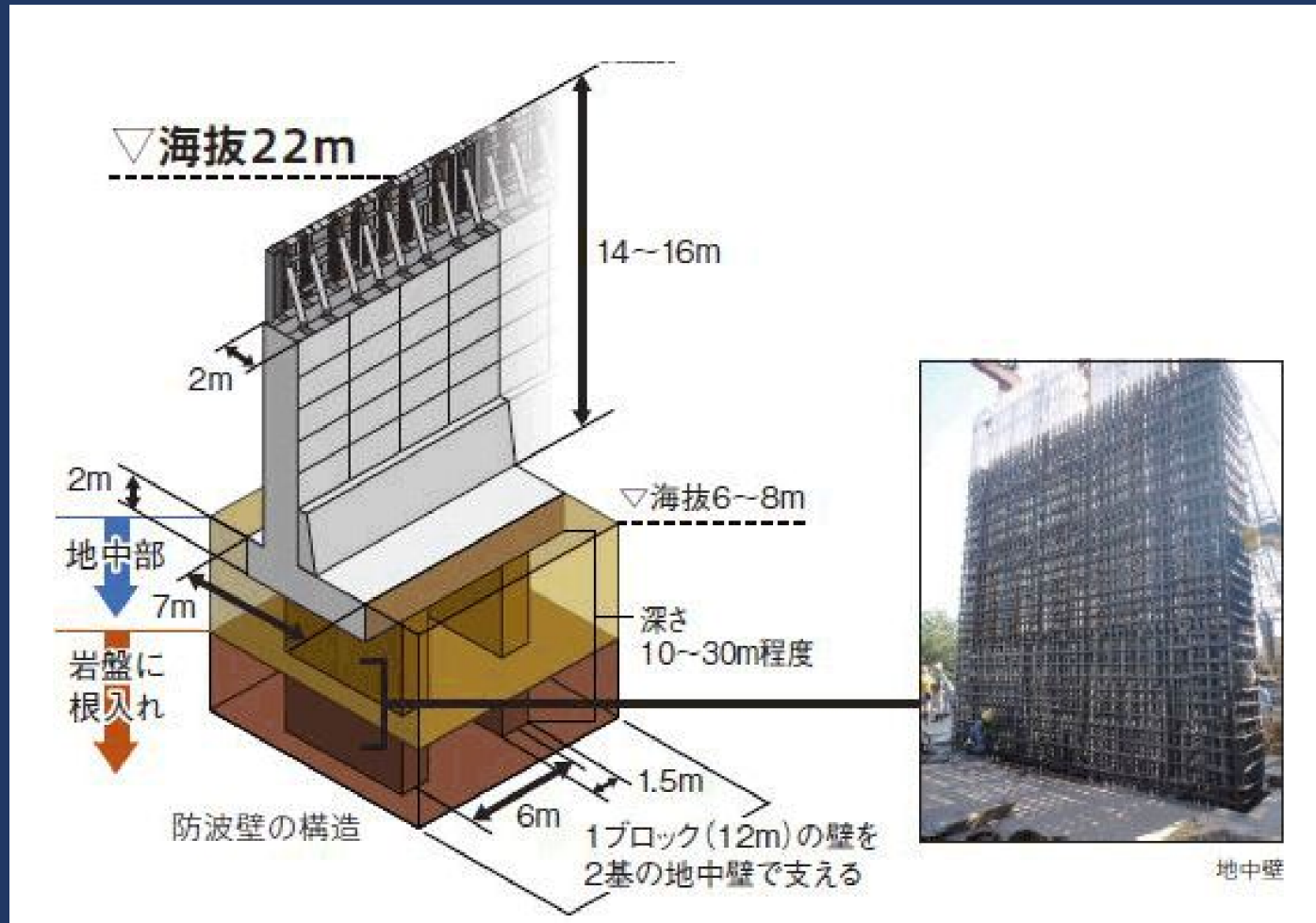
鶴巻 広一

技術士(建設部門、総合技術監理部門)

コンクリート診断士

# 浜岡原発の防波堤（当初設計）

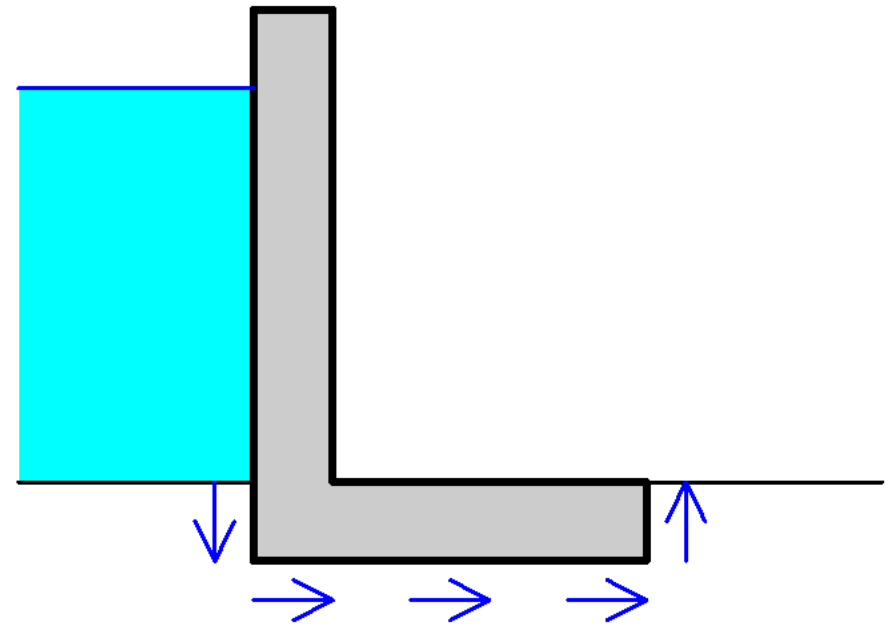
当初設計の防波堤を示す。これは、既に完成している。



# パイピングによる地盤破壊

パイピングによる地盤破壊イメージを示す。津波が到達すると、水が地盤に浸透し、原発側へ流れる。津波と原発側地盤との差が大きいと防波壁底版直下の流速が高くなる。すると、その水により地盤の土粒子も原発側へ移動する。

防波壁の基礎（＝地中連続壁）先端は、岩盤内まで伸びているので、防波壁は沈下しない。すると土粒子移動に伴い、基礎下端に空洞ができる。その空洞は徐々に大きくなり、最終的には津波の水が原発側地盤から勢いよく噴き出す。これがパイピングによる地盤破壊である。



# パイピングに対する安全性の照査方法

パイピングに対する安全性の照査方法は、「改訂新版 建設省河川砂防技術基準(案)同解説 設計編[ I ] 平成 9 年 10 月」に規定がある。具体的には次に示すレインの式で照査する。

$$C \leq (L/3 + \Sigma I) / \Delta H$$

ここに、C：レインの加重クリープ比

L：水平方向の浸透経路長（=底版幅 7m）

I：鉛直方向の浸透経路長（=底版高さ 2m×2=4m）

ΔH：海側と原発側の水位差

ここで、レインの加重クリープ比とは地盤の土質区分により決定する数値である。浸透水により移動しやすい「極めて細かい砂またはシルト」で 8.5、それよりも移動しにくい「粗砂」で 5.0、最も移動しにくい「栗石と砂利を含む」で 2.5 等と決められている。

# 当初設計の防波壁の照査

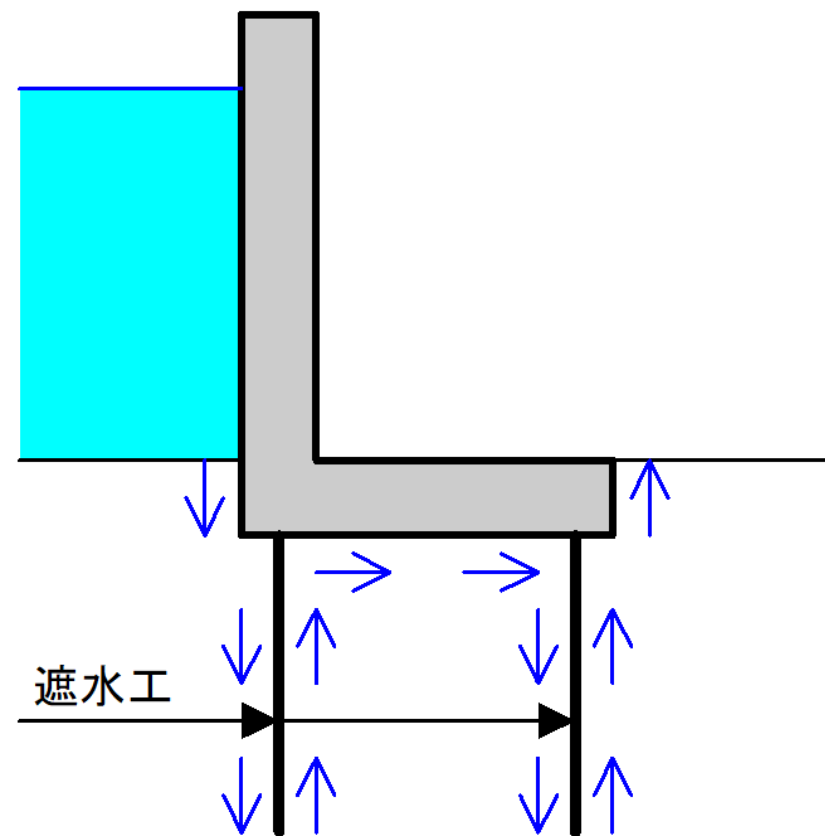
地盤を「粗砂 (C = 5.0)」、水位差を 10m とした照査結果を右表に示す。結果は 0.63 であり、C = 5.0 より小さく NG となる。

## 当初設計の防波壁の照査

水平方向の浸透経路長: $L(m) =$	7.00
$L/3(m) =$	2.33
鉛直方向の浸透経路長: $l(m) =$	4.00
$L/3+l(m) =$	6.33
海側と原発側の水位差: $\Delta H(m) =$	10.00
$(L/3+l) / \Delta H =$	0.63

# 遮水工

NGとなる場合は遮水工が必要となる。遮水工のイメージを右図に示す。遮水工は鋼矢板を用いる場合が多い。



遮水工のイメージ

# 遮水工の規模

遮水工設置を2列とした場合の必要長を右表に示す。11mの長さが必要である。

水平方向の浸透経路長： $L(m)=$	7.00
$L/3(m)=$	2.33
底版の鉛直方向浸透路長： $l_1(m)=$	4.00
遮水工長 $l_2(m)=$	11.00
遮水工設置列 $=$	2
遮水工の鉛直方向浸透路長： $l_2(m)=$	44.00
鉛直方向の浸透経路長： $l(m)=$	48.00
$L/3+l(m)=$	50.33
海側と原発側の水位差： $\Delta H(m)=$	10.00
$(L/3+l)/\Delta H=$	5.03

# 防波壁設計方針の変更

当社は、この度、浜岡原子力発電所の審査内容等を踏まえ、防波壁等における設計方針を変更することとしたため、お知らせします。今回の変更では、新規制基準に基づき、基準津波(T.P.+25.2m)に対し、津波防護施設(防波壁等)により、遡上波を地上部から到達または流入させない設計(ドライサイト)と致します。そのため防波壁は、高さT.P.+22mの既設防波壁を高さT.P.+28mへとかさ上げし、一層堅牢な構造となるよう設計方針を変更します。加えて、防波壁以外にも、先行プラントでのこれまでの審査内容等を踏まえ、水素対策や冷却対策等の設計方針の変更を行うとともに、審査ガイドの制定およびこれまでの審査での議論を踏まえ、使用済燃料乾式貯蔵施設の設計方針を変更します。

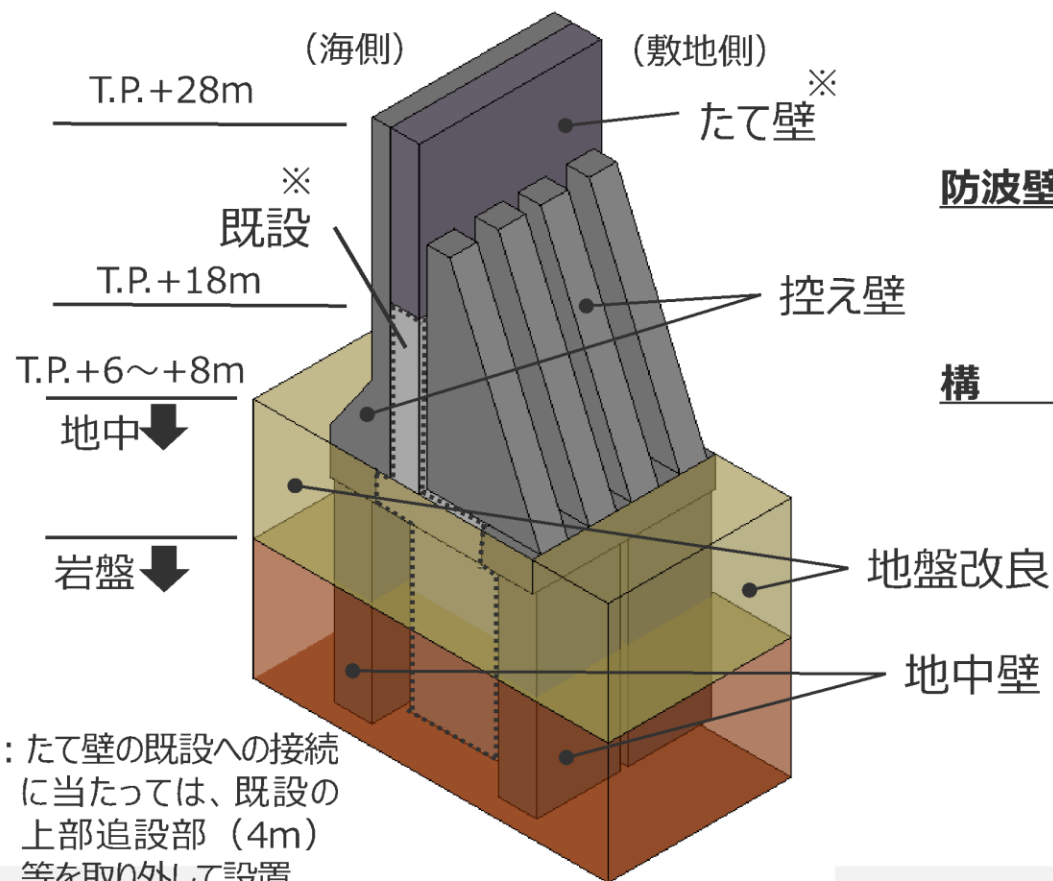
出典 : [https://www.chuden.co.jp/publicity/press/1214881\\_3273.html](https://www.chuden.co.jp/publicity/press/1214881_3273.html)



【別紙】防波壁等における設計方針の変更について（概要） 1 / 2  
～基準津波（T.P.+25.2m）に対する津波防護方針について～

新規制基準に基づき、基準津波（T.P.+25.2m）に対し、津波防護施設（防波壁等）により、遡上波を地上部から到達または流入させない設計（ドライサイト）と致します。

防波壁は、高さT.P.+22mの既設防波壁を高さT.P.+28mへとかさ上げし、一層堅牢な構造となるよう設計方針を変更します。



**防波壁高さ**：T.P.+28m

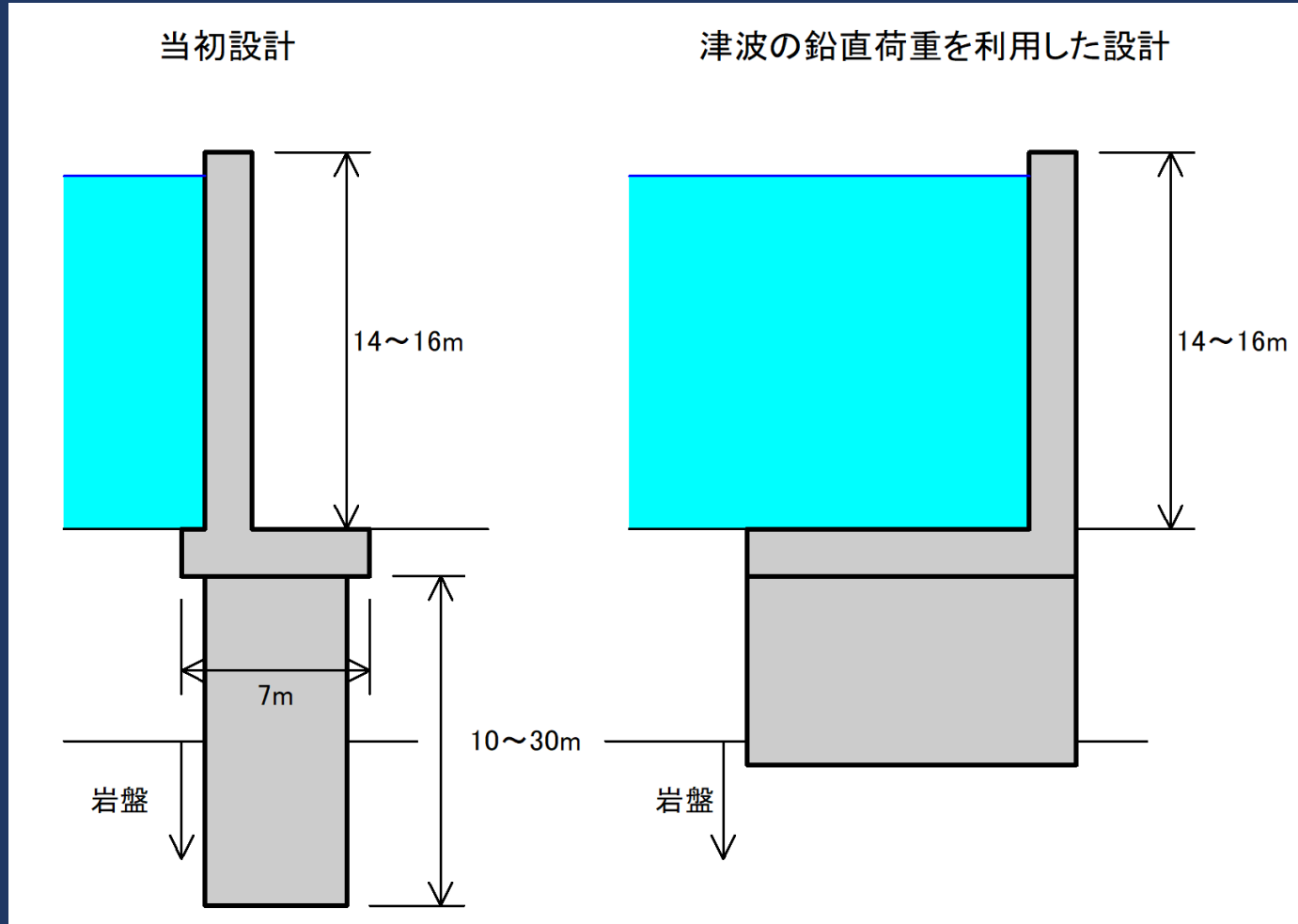
（基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイドを踏まえ、潮位のばらつき等も検討して設定）

**構造**：たて壁を海側・敷地側の控え壁で支え、これらを岩盤に根入れした地中壁で支持するとともに、更に地中壁周辺を地盤改良することで、津波波力や地震力に対し十分に耐える構造とします。

※：たて壁の既設への接続に当たっては、既設の上部追設部（4m）等を取り外して設置。

# 構造計画に疑問が残る

津波の鉛直荷重を利用した設計の方が、有利ではないか？



# 女川原発防潮堤

## 3. (1) 防潮堤のかさ上げ工事の全体概要

13

防潮堤完成予想図(かさ上げ後)

津波評価結果を踏まえ、防潮堤を現在の高さ約3m(O.P.約+17m)から、高さ約15m(O.P.約+29m)にかさ上げする。(平成28年3月完了予定)



図8: 完成予想図

# 鋼管式鉛直壁

## 3. (2) 防潮堤のかさ上げ構造(鋼管式鉛直壁)(2/2)

15

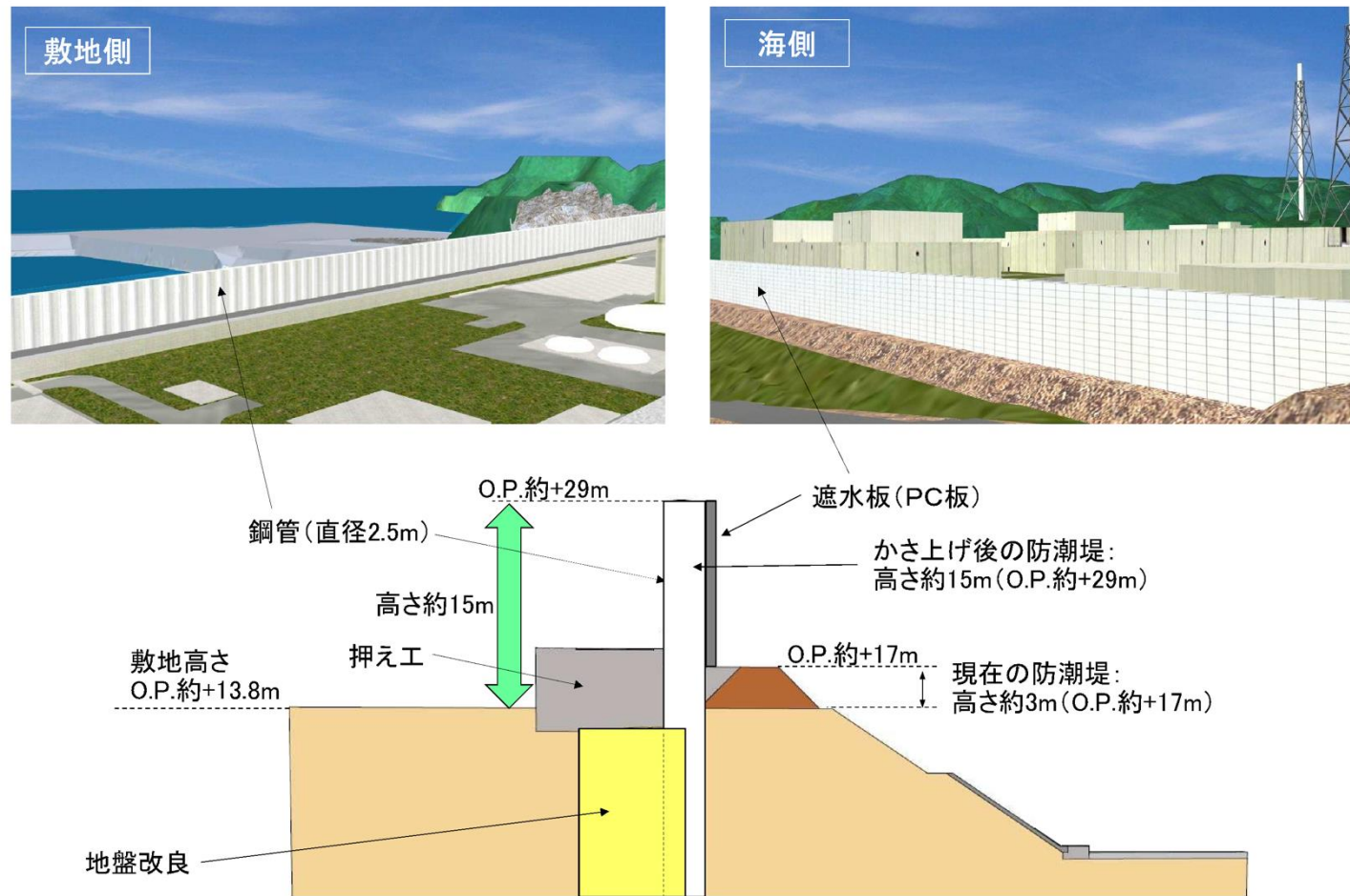
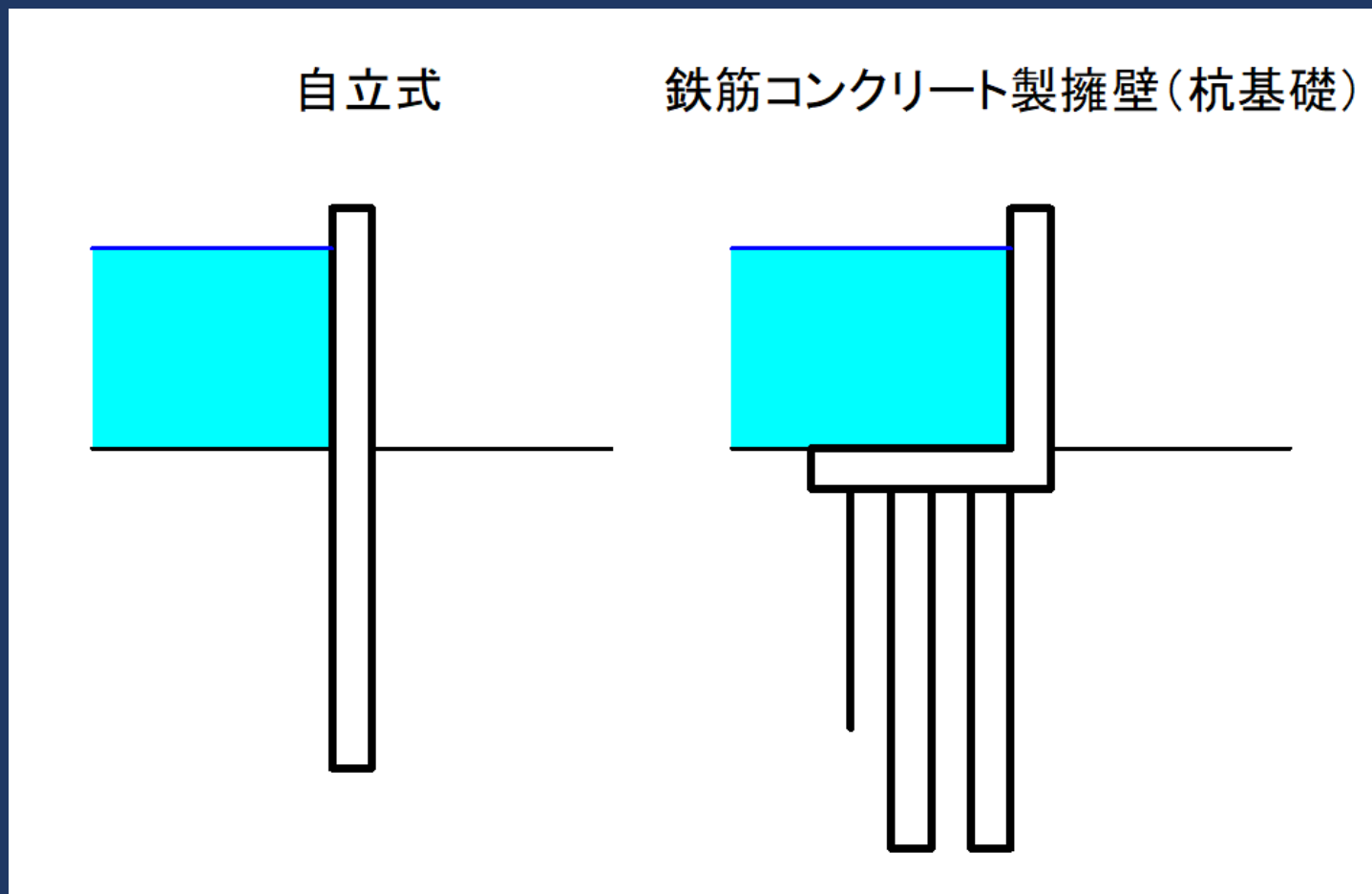


図10: 防潮堤(鋼管式鉛直壁)の基本構造(断面図)

# 津波高が低い場合

自立式構造の方がフーチングが不要で経済性で有利 (Max4m程度)

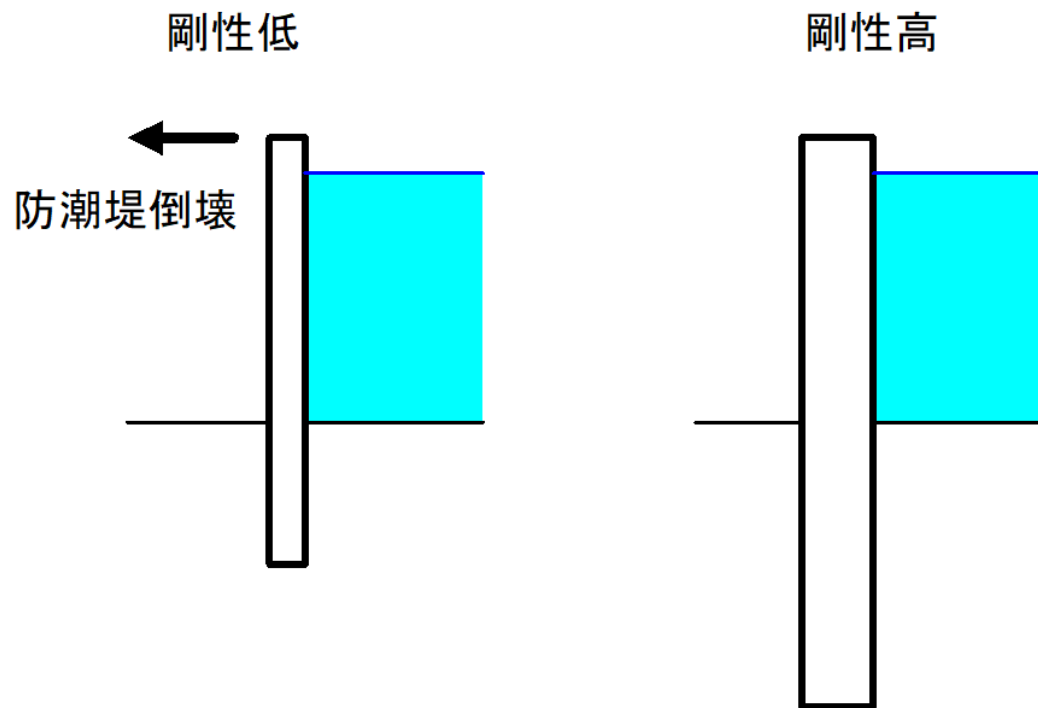


# 高い津波では、構造的に不合理

## (1) 防潮堤の剛性

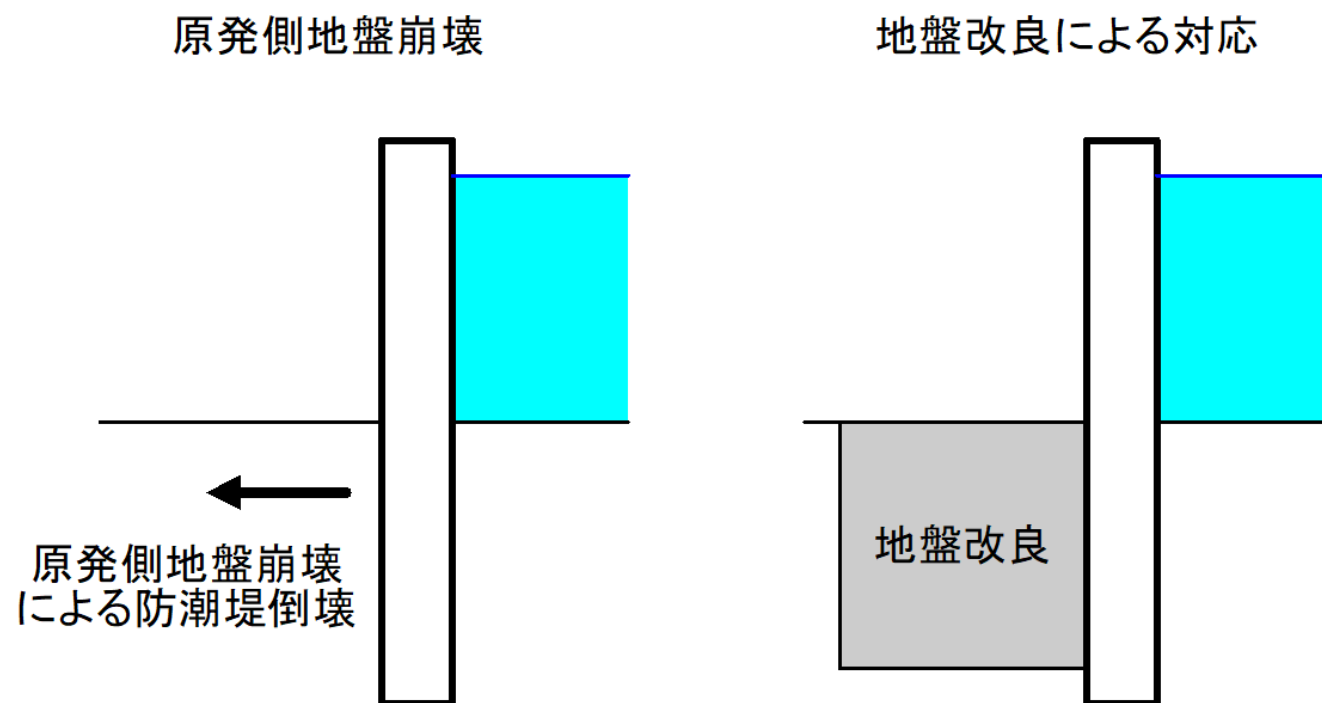
部材に作用する曲げ力（＝曲げモーメント）に対する抵抗力を剛性と言う。右図に防潮堤の剛性イメージを示す。左が、剛性が低い場合である。津波による水圧に耐えることができず、防潮堤が倒壊する。

右は、剛性を高めたものである。津波に耐えることができるように剛性を上げている。なお、詳細な説明は省略するが、剛性を高めることにより、部材の根入れ長は長くなる。



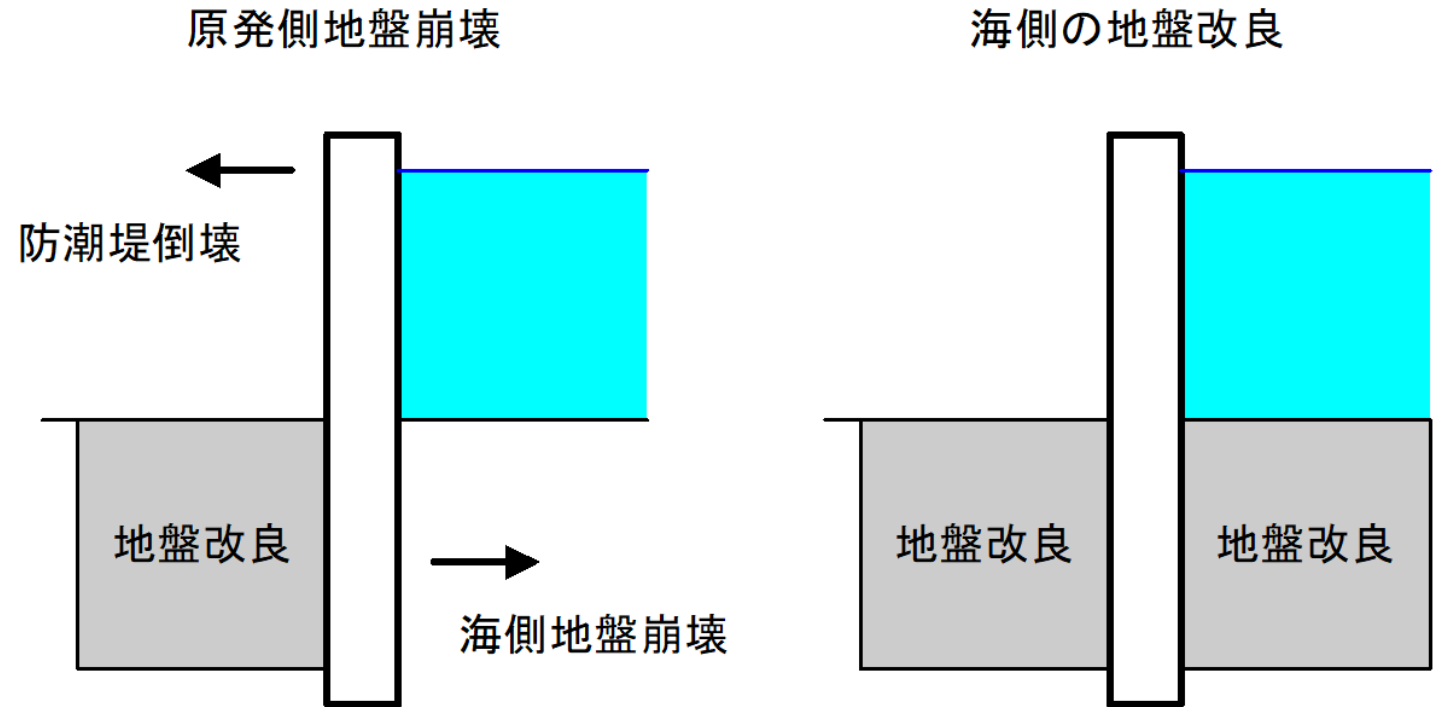
## (2) 原発側地盤の崩壊

防潮堤の剛性を高めると、次に原発側の地盤が崩壊して、防潮堤が倒壊する（図左）。この地盤崩壊を防ぐために、原発側地盤は地盤改良を実施して、地盤定数を高めることになる（図右）。



### (3) 海側地盤の崩壊

原発側を地盤改良すると、次に海側の地盤が崩壊する（図左）。この地盤崩壊を防ぐために、海側地盤は地盤改良を実施して、地盤定数を高めることになる（図右）。





# 検討の経緯

2013年5月14日

2013年5月14日のプレスリリース※<sup>1</sup>である。その中の「(別紙)女川原子力発電所における防潮堤かさ上げについて(概要)」※<sup>2</sup>の添付図を示す。

当初は、原発側の地盤改良で構造が成立すると考えていたことが分かる。

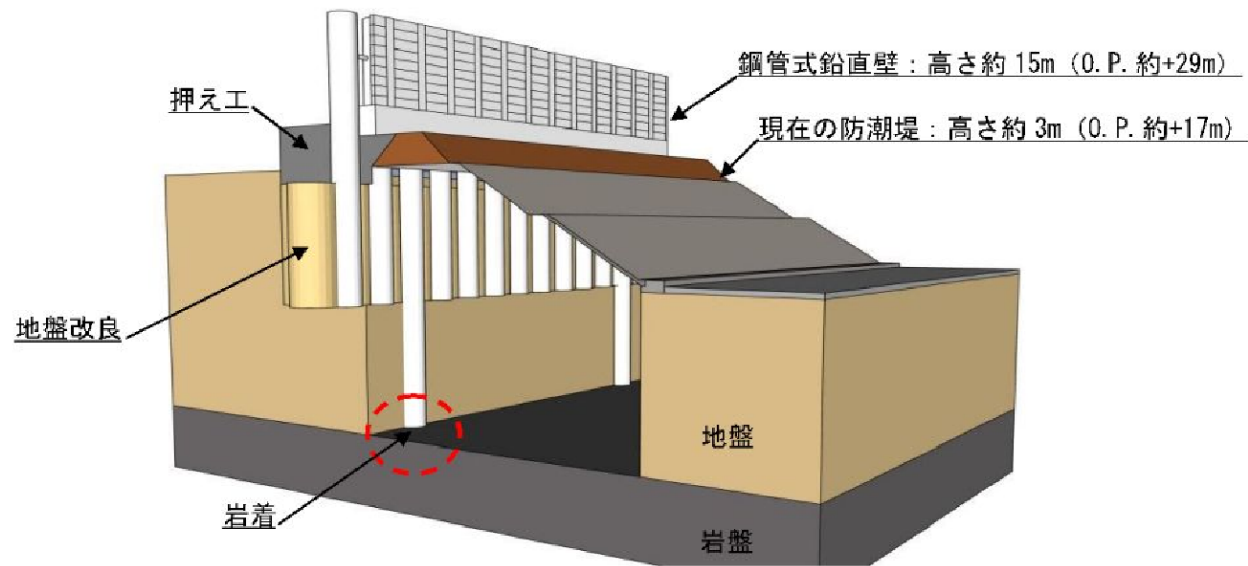


図5: 防潮堤の基本構造図(鋼管式鉛直壁)

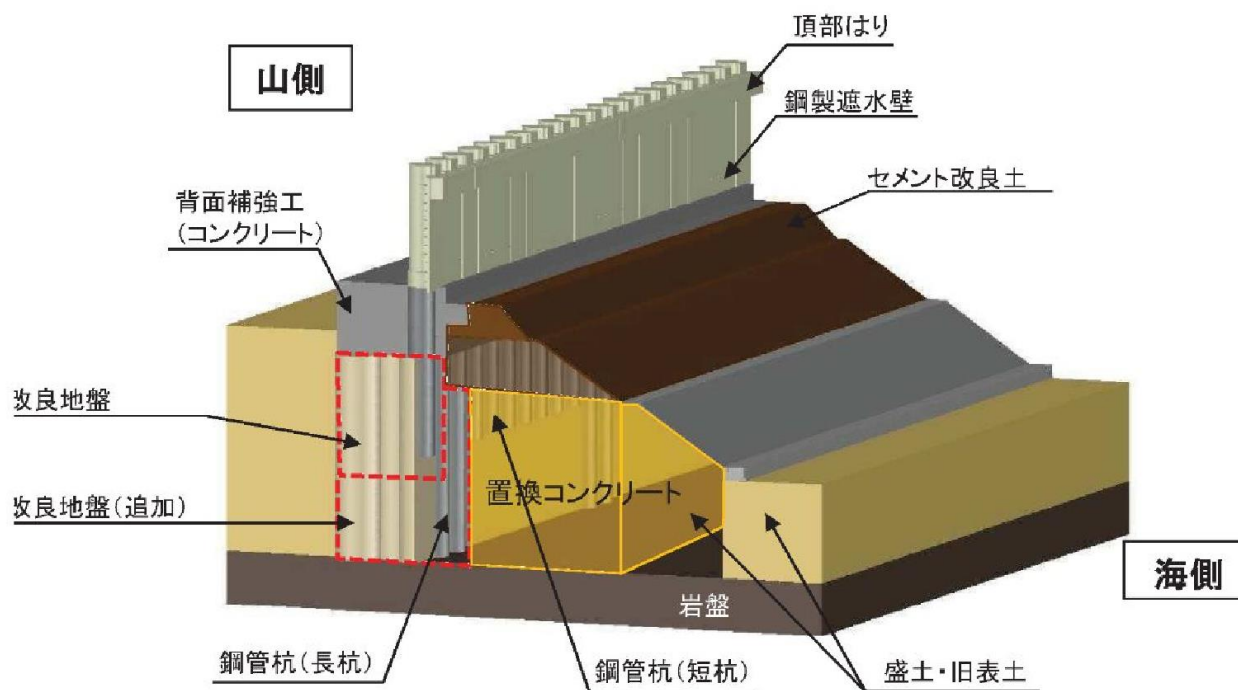
※1 [https://www.tohoku-epco.co.jp/pastnews/atom/1184290\\_1065.html](https://www.tohoku-epco.co.jp/pastnews/atom/1184290_1065.html)

※2 [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.tohoku-epco.co.jp/pastnews/atom/\\_icsFiles/afieldfile/2013/05/14/13051401\\_BESSI.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.tohoku-epco.co.jp/pastnews/atom/_icsFiles/afieldfile/2013/05/14/13051401_BESSI.pdf)

2019年1月15日

女川原子力発電所審査状況<sup>※1</sup>の2019年1月15日の資料である。その中で、「女川原子力発電所2号炉防潮堤の設計方針について」<sup>※2</sup>のP21の抜粋を示す。原発側の地盤改良が追加になっている。また、海側は置換コンクリートになっている。これは、強度が低い地盤改良では構造が成立しないことを示している。

詳細な説明は省略するが、置換コンクリートは高価な水中コンクリートになる。コンクリート数量は、鉄筋コンクリート造の擁壁と場所打ちコンクリートの構造よりもはるかに多くなる。最終案は不当に高価な構造物になっている。そもそも自立式を採用したことが、失敗の始まりである。



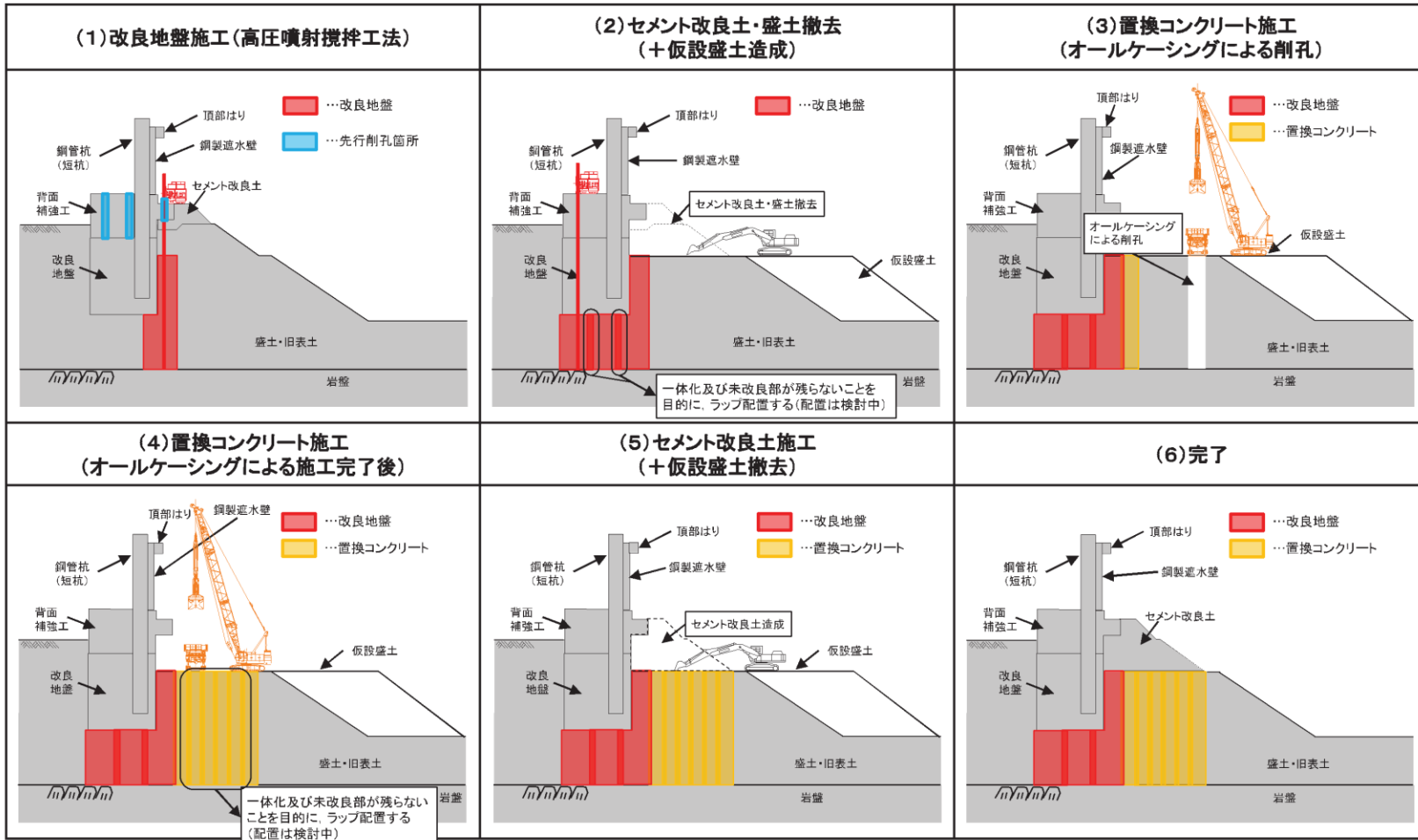
※1 [https://www.tohoku-epco.co.jp/electr/genshi/safety/topics/o\\_examsitu\\_date.html](https://www.tohoku-epco.co.jp/electr/genshi/safety/topics/o_examsitu_date.html)

※2 [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.tohoku-epco.co.jp/electr/genshi/safety/topics/pdf/20190115\\_2.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.tohoku-epco.co.jp/electr/genshi/safety/topics/pdf/20190115_2.pdf)

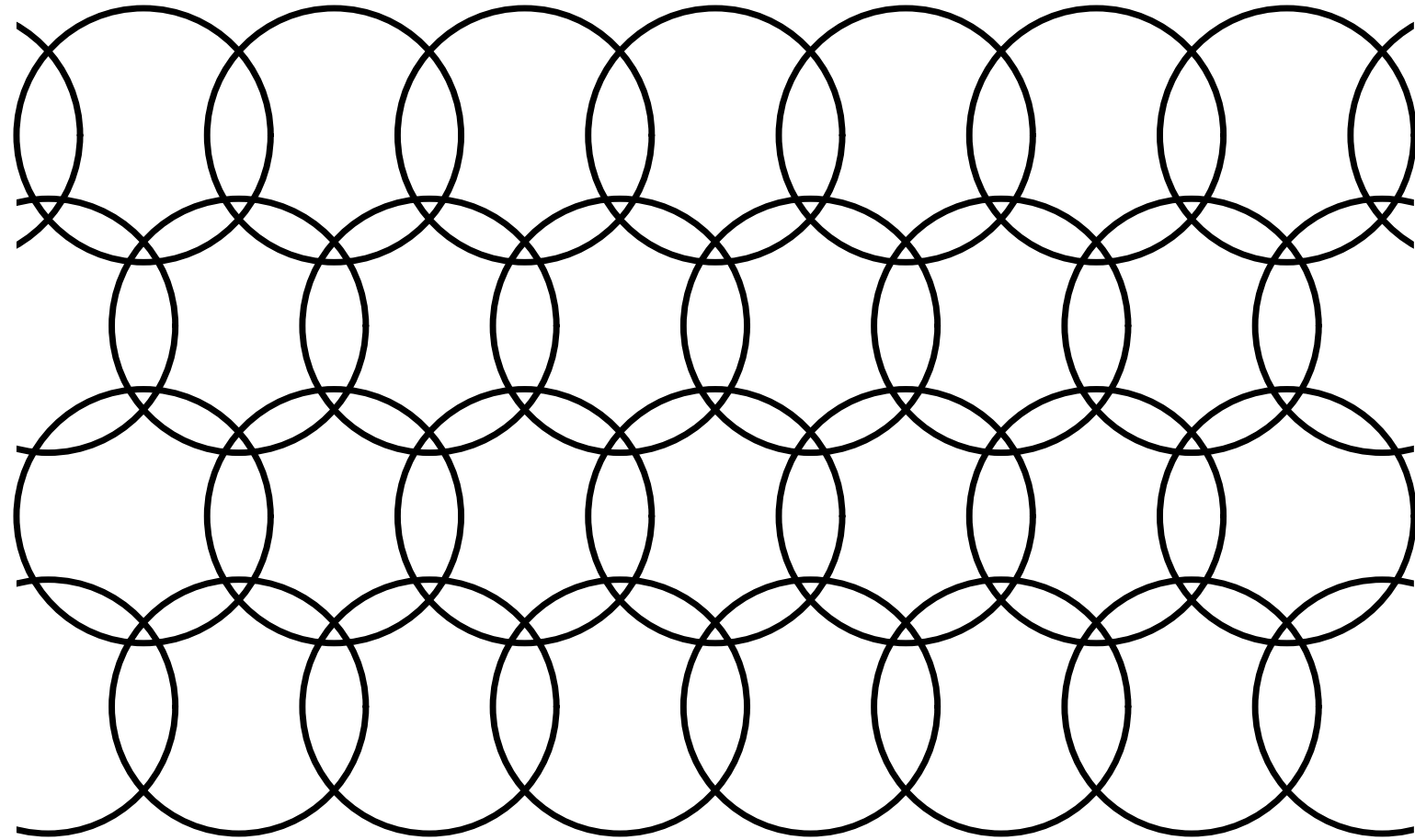
# 置換コンクリートの施工

## 補足説明資料11. 改良地盤及び置換コンクリートの施工手順について

- 鋼管式鉛直壁(一般部)を例にして、現在想定している改良地盤及び置換コンクリートの施工手順を以下に示す。



# 置換コンクリートの配置イメージ



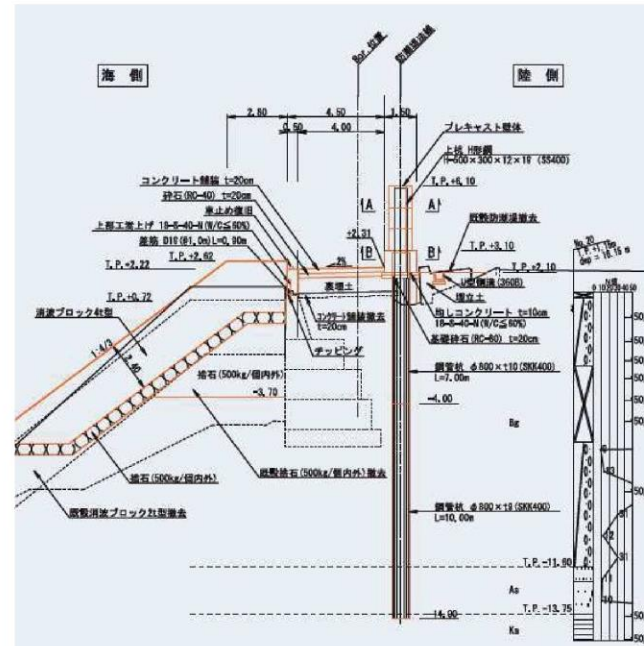
# 東北電力が主張する類似事例①

補足説明資料2. 一般産業施設における類似構造の設計・施工例

## 2.2 事例① 釜石港海岸大平地区災害復旧工事

11

- 延長524.9mの防潮堤の施工において、φ800mmの鋼管杭262本(長さ8.5~17m)をGL+1.0mまで施工して下部工とし、杭頭にGL+4.0mまでH形鋼を立てて、プレキャストコンクリートブロック製の遮水壁を4段で積み上げている。



出典： 鋼管杭・鋼矢板技術協会 未来フロント NO.83 (H27.3) 岩手県／釜石港  
[http://www.jaspp.com/shiryuu/tomorrow/pdf/fut\\_no83.pdf](http://www.jaspp.com/shiryuu/tomorrow/pdf/fut_no83.pdf)

設計・施工例の情報に係る記載内容については、公開情報をもとに弊社の責任において独自に整理したものです。



# 東北電力が主張する類似事例②

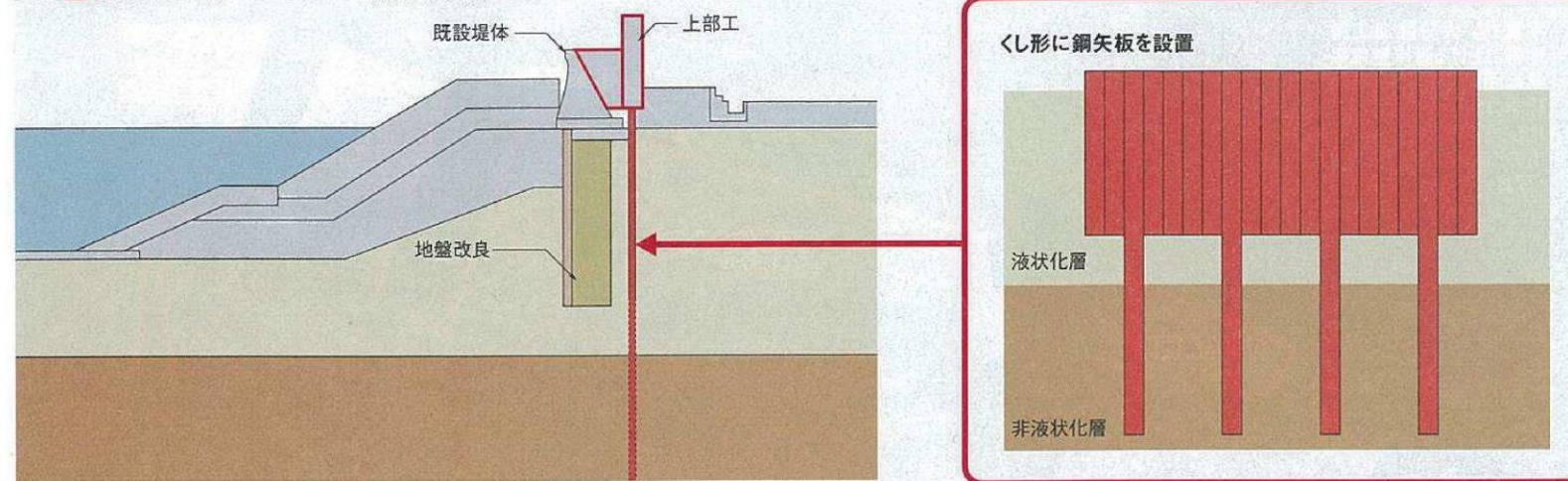
補足説明資料2. 一般産業施設における類似構造の設計・施工例

## 2.6 事例⑤ 大分臨海工業地帯 沿岸の液状化対策事例

16

- 護岸の延長が長く、さらに近接箇所に道路やパイプラインがある堤防の液状化対策として、堤防の陸地側の地盤に鋼矢板を並べて打ち込み、数本おきに非液状化層まで到達する長い鋼矢板を組み込んだ「くし」型の対策工を採用している。これにより、液状化による側方流動で鋼矢板が土圧を受けても、長い鋼矢板によって沈下を防ぐため、鋼矢板の壁が高さを保ち津波の侵入を防ぐ。

図2 ■ 鋼矢板で築いた壁による側方流動対策



堤防の背後に、鋼矢板を並べて打ち込んで壁を設ける。数本おきに非液状化層に届く長い鋼矢板を組み込んでおく。地上に出ている部分は、コンクリートを巻き立てた壁とする。国土交通省の資料を基に本誌が作成

出典：大分臨海工業地帯 沿岸の液状化対策事例 くし形鋼矢板(日経コンストラクション2017年5月22日号)

設計・施工例の情報に係る記載内容については、公開情報をもとに弊社の責任において独自に整理したものです。



# 女川2の安全対策費

- 当初申請 140億円
- 最終 7,100億円

出典: 松久保 肇: 第7次エネルギー基本計画への視座 原子力資料情報室通信606号(2024)