

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-183627

(P2019-183627A)

(43) 公開日 令和1年10月24日(2019.10.24)

(51) Int.Cl.

**E02B 3/10 (2006.01)**

F 1

E 0 2 B 3/10

テーマコード (参考)

2 D 1 1 8

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2019-49417 (P2019-49417)  
 (22) 出願日 平成31年3月18日 (2019. 3. 18)  
 (31) 優先権主張番号 特願2018-70536 (P2018-70536)  
 (32) 優先日 平成30年4月2日 (2018. 4. 2)  
 (33) 優先権主張国・地域又は機関  
 日本国 (JP)

(71) 出願人 000001258  
 J F E スチール株式会社  
 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号  
 (74) 代理人 100127845  
 弁理士 石川 壽彦  
 (72) 発明者 塩崎 禎郎  
 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J  
 F E スチール株式会社内  
 Fターム(参考) 2D118 AA02 AA11 AA12 BA03 BA05  
 CA02 CA03 FA06 GA07 JA11

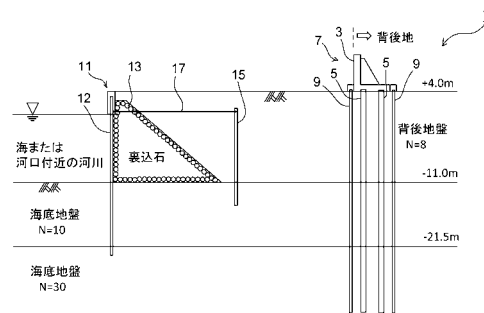
(54) 【発明の名称】 防潮堤の補強構造

(57) 【要約】

【課題】 波浪、高潮、津波に対して、防潮堤が背後地を守ることができる防潮堤の補強構造を提供する。

【解決手段】 本発明に係る防潮堤の補強構造 1、2 7 は、堤体 3 と堤体 3 を支持する既存鋼管杭 5 とを有し、背後地を波浪、高潮、津波から守る機能を有する補強前の胸壁 1 9、防潮堤 2 9 を補強するものであって、胸壁 1 9、防潮堤 2 9 の波浪、高潮、津波に対する補強用として、既存鋼管杭 5 より変形性能に優れた補強用鋼管杭 9 を増設したことを特徴とするものである。

【選択図】 図 1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

堤体と、該堤体を支持する既存支持杭とを有し、背後地を波浪、高潮、津波から守る機能を有する防潮堤を補強する防潮堤の補強構造であって、

前記防潮堤の波浪、高潮、津波に対する補強用として、前記既存支持杭より変形性能に優れる補強用鋼管杭を増設したことを特徴とする防潮堤の補強構造。

**【請求項 2】**

前記防潮堤は胸壁であることを特徴とする請求項 1 記載の防潮堤の補強構造。

**【請求項 3】**

前記補強用鋼管杭はあらかじめ設定した地震動において弾性範囲内であり、かつ前記地震後の津波波力に対しても弾性範囲内となるように設計されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の防潮堤の補強構造。

**【請求項 4】**

前記補強用鋼管杭はあらかじめ設定した地震動において弾性範囲内であり、かつ前記地震後の余震及び、波浪、高潮、津波の波力に対しても弾性範囲内となるように設計されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の防潮堤の補強構造。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、臨海部に構築され、波浪、高潮、津波に対して背後地を守るために設けられる防潮堤の補強構造に関し、特に地震後に発生する波浪、高潮、津波から背後地を守ることができるように補強する防潮堤の補強構造に関するものである。

**【背景技術】****【0002】**

防潮堤は、波浪、高潮、津波から背後地を守るために設けられる。また、防潮堤には、例えば特許文献 1 に開示されるように、胸壁が設けられる場合がある。

ここで胸壁とは、海岸や港湾の水際から、後背地側に距離を取って設けられた防潮堤のことをいう。

胸壁は、岩盤が露頭しているような堅固な地盤である場合を除いて、特許文献 1 に記載されているように、地盤に打設された鋼管杭によってコンクリート製の堤体を支持する構造が一般的である。

**【0003】**

設計対象とした地震よりも大きな地震が鋼管杭等の支持杭に支持された胸壁に作用すると、鋼管杭が塑性変形し（以下、塑性化ともいう）て、地震後に、本来胸壁が保持すべき、波浪、高潮、津波に対して背後地を守る機能を保持することは難しくなることがある。

したがって、胸壁建設後に、設計対象とする地震が見直され、作用する地震動が大きくなった場合には、地震後の胸壁の機能保持のため、何らかの補強が必要となる。例えば、胸壁近傍の地盤改良による液状化の防止や、鋼管杭を増設する方法等が該当する。

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0004】**

**【特許文献 1】**特開 2013 - 181308 号公報

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

一般的に、地震後に襲来する津波に対して、胸壁が背後地を守るためには、胸壁の基礎として用いられている鋼管杭のような支持杭が、地震後にも弾性変形の範囲内（以下、弾性範囲内ともいう）であることが重要であると考えられる。支持杭が塑性化していると津波が作用した際に、波力によって水平方向の変形が進行し、背後地への浸水を抑止できない可能性があるからである。ここで、支持杭として、鋼管杭以外にも H 鋼杭（H 形鋼杭）

10

20

30

40

50

なども例示できる。

【0006】

支持杭の塑性化を防止する方法としては、地盤改良を行うことが考えられるが、堤体下部は上方から直接地盤改良することが難しく、本来地盤改良に期待される効果を得にくいことがある。

また、見直された地震動が非常に大きな場合、地盤改良のみでは、支持杭を弾性範囲内に抑えることは不可能なこともある。

また、地盤改良以外の方法として、既存の支持杭と同様の支持杭を増設する補強が考えられるが、想定地震に対して胸壁の水平変位量が大きくなることが想定される場合には、既存および増設される支持杭を弾性範囲内に抑えることは難しい。

10

【0007】

上記においては防潮堤の例として水際線からある程度距離が離れた位置に設置される胸壁を例に挙げたが、上記課題は水際線の近傍において設置される防潮堤についても同様である。

【0008】

本発明はかかる課題を解決するためになされたものであり、地震後に襲来する波浪、高潮、津波に対して、背後地を守ることができる既存の防潮堤の補強構造を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0009】

従来の一般的な考え方は、上述したように既存の支持杭を塑性化しないようにするという発想であるが、本発明では、地震時に既存の支持杭の塑性化を許容するものの、地震後の波浪、高潮、津波の波力による堤体の大きな水平移動を防止することに着目した補強をするという新たな発想に基づくものであり、具体的には以下の構成からなるものである。

20

【0010】

(1) 本発明に係る防潮堤の補強構造は、堤体と、該堤体を支持する既存支持杭とを有し、背後地を波浪、高潮、津波から守る機能を有する防潮堤を補強するものであって、

前記防潮堤の波浪、高潮、津波に対する補強用として、前記既存支持杭より変形性能に優れた補強用鋼管杭を増設したことを特徴とするものである。

【0011】

(2) また、上記(1)に記載のものにおいて、前記防潮堤は胸壁であることを特徴とするものである。

30

【0012】

(3) また、上記(1)又は(2)に記載のものにおいて、前記補強用鋼管杭はあらかじめ設定した地震動において弾性範囲内であり、かつ前記地震後の津波波力に対しても弾性範囲内となるように設計されていることを特徴とするものである。

【0013】

(4) また、上記(1)又は(2)に記載のものにおいて、前記補強用鋼管杭はあらかじめ設定した地震動において弾性範囲内であり、かつ前記地震後の余震及び、波浪、高潮、津波の波力に対しても弾性範囲内となるように設計されていることを特徴とするものである。

40

【発明の効果】

【0014】

本発明においては、防潮堤の津波に対する補強用として、前記既存支持杭より変形性能に優れた補強用鋼管杭を増設したことにより、設計対象の地震動が大きくなったため耐震補強が必要な既存支持杭で支持された防潮堤に関して、増設した補強用鋼管杭は地震時にも弾性範囲内とすることが可能で、また地震後に作用する波浪、高潮、津波の波力にも弾性範囲内で耐えることが可能となり、防潮堤に大きな水平変位が発生せず、背後地を波浪、高潮、津波から守ることができる。

【図面の簡単な説明】

50

## 【 0 0 1 5 】

【図 1】実施の形態（第一の実施例）における護岸および胸壁の構造を説明する説明図である。

【図 2】図 1 に示した胸壁の一部の平面図である。

【図 3】図 1 に示した胸壁の海陸方向の断面図である。

【図 4】実施例の地震応答解析で用いた地震波を示す図である。

【図 5】護岸および補強の対象となる胸壁の構造を説明する説明図である。

【図 6】図 5 に示した胸壁の一部の平面図である。

【図 7】図 5 に示した胸壁の海陸方向の断面図である。

【図 8】護岸および従来方法で補強した胸壁の構造を説明する説明図である。

10

【図 9】図 8 に示した胸壁の一部の平面図である。

【図 10】図 8 に示した胸壁の海陸方向の断面図である。

【図 11】第二の実施例における護岸および胸壁の構造を説明する説明図である。

【図 12】図 11 に示した胸壁の一部の平面図である。

【図 13】図 11 に示した胸壁の海陸方向の断面図である。

【図 14】図 5 に示した補強前の護岸および胸壁の地震応答解析結果を示す図（残留変形図）である。

【図 15】図 5 に示した補強前の護岸および胸壁の地震応答解析結果を示す図（鋼管杭の曲率比分布図）である。

【図 16】図 8 の従来方法で補強した護岸および胸壁の地震応答解析結果を示す図（残留変形図）である。

20

【図 17】図 8 の従来方法で補強した護岸および胸壁の地震応答解析結果を示す図（鋼管杭の曲率比分布図）である。

【図 18】図 1 のように補強した本発明例の護岸および胸壁の地震応答解析結果を示す図（残留変形図）である。

【図 19】図 1 のように補強した本発明例の護岸および胸壁の地震応答解析結果を示す図（鋼管杭の曲率比分布図）である。

【図 20】図 11 のように補強した本発明例の護岸および胸壁の地震応答解析結果を示す図（残留変形図）である。

【図 21】図 11 のように補強した本発明例の護岸および胸壁の地震応答解析結果を示す図（鋼管杭の曲率比分布図）である（その 1）。

30

【図 22】図 11 のように補強した本発明例の護岸および胸壁の地震応答解析結果を示す図（鋼管杭の曲率比分布図）である（その 2）。

【図 23】堤体を水際線の近傍に設置した防潮堤の補強構造の説明図である。

【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 1 6 】

本実施の形態においては、既存の支持杭が鋼管杭であり、防潮堤が胸壁である場合を例に挙げて説明する。

本実施の形態に係る胸壁の補強構造 1 は、図 1 に示すように、堤体 3 と堤体 3 を支持する既存鋼管杭 5 とを有する補強前の胸壁 19（図 5 参照）を補強するものであって、補強前の胸壁 19 の津波に対する補強用として、既存鋼管杭 5 より変形性能に優れる補強用鋼管杭 9 を増設したことを特徴とするものである。

40

補強前の胸壁 19（図 5 参照）が護岸法線（海岸線）から 100m 程度以内に設置されていると、海岸線の構造物（護岸 11）の地震時の側方流動により胸壁 19 にも被害が及び、既存鋼管杭 5 が塑性化する可能性があるため、補強用鋼管杭 9 で補強したものである。

なお、図 1 において、11 は護岸を示しており、矢板壁 12 の陸側には裏込石 13 が施工され、控え杭 15 とタイロッド 17 によって支持されている。

また、図 1 中には、後述する実施例で使用する地盤の N 値等の数値が記載されている。

以下、各構成の詳細を説明する。

## 【 0 0 1 7 】

50

## &lt; 堤体 &gt;

堤体3は、コンクリートからなり、その形状は特に限定されないが、例えば図1に示す例では、海陸方向（海から背後地側に向かう方向）の断面がL字形状をしている。

本例の堤体3は、図2に示すように、海陸方向の長さが6mで、高さは、図3に示すように6mである。

## 【0018】

## &lt; 既存鋼管杭 &gt;

既存鋼管杭5は、補強前に既に打設されている鋼管杭であり、本実施の形態のものは、直径1200mm、板厚12mm、降伏強度 $315\text{N}/\text{mm}^2$ である。既存鋼管杭5は、図2に示すように、海陸方向で2本として、海陸方向に3mピッチ、堤体奥行方向に5mピッチで打設している。

10

なお、既存鋼管杭5は、地震によって塑性化しても鉛直方向の支持力は残存すると考えられる。

つまり、本願発明では、既存鋼管杭5は塑性化を許容するものの、堤体3（胸壁7）の大きな沈下を抑制する機能は有するとすることで、補強用鋼管杭9の諸元が小さくなり、補強で用いる鋼材重量を低減できるようにしている。

なお、一般的に、鋼管杭が塑性化しても、鉛直支持力が残存することについては、例えば文献「松田隆ほか、高レベル地震動履歴を受けた鋼管杭の圧縮耐力について、第25回地震工学研究発表会論文集，pp.573 - 576，1999」等の载荷実験で確認されているので、既存鋼管杭5の塑性化を許容しても、鉛直支持力を既存鋼管杭5に期待することは可能である。

20

## 【0019】

## &lt; 補強用鋼管杭 &gt;

補強用鋼管杭9は、補強前の胸壁19の津波に対する補強用として増設されるもので、既存鋼管杭5より変形性能に優れる鋼管杭である。

なお、図1では、図示を省略しているが、既存鋼管杭5よりも海側に、止水や土留のために、矢板壁が設けられていても良い。矢板壁が設けられている場合は、補強用鋼管杭9は、矢板壁よりも海側に打設される。

ここで、変形性能が優れるとは、補強用鋼管杭9が弾性範囲内の条件で杭頭水平変位量が大きくとれることを意味している。変形性能が優れることで、補強用鋼管杭9は地震時において弾性範囲内であり、かつ地震後の津波波力に対しても弾性範囲内となるようにすることができる。

30

## 【0020】

既存鋼管杭5よりも変形性能が優れるための効率的な条件としては、1) 既存鋼管杭5よりも降伏強度を高くすること、2) 既存鋼管杭5よりも杭の直径を小さくすることが挙げられ、これら2つの条件は、それぞれ単独で対応する場合と、組み合わせて対応する場合が考えられる。

なお、補強用鋼管杭9は、堤体3の近傍であって、堤体3の海側及び背後地側に打設され、上端部が堤体3とコンクリートで一体化されている。

上述したように、補強用鋼管杭9は、既存鋼管杭5よりも塑性化に至るまでの変形性能が大きいことを特徴としており、本事例の補強用鋼管杭9は直径が既存鋼管杭5（1200mm）の半分以下の508mm、板厚が既存鋼管杭5（12mm）よりも厚い板厚17.5mm、降伏強度が既存鋼管杭5（ $315\text{N}/\text{mm}^2$ ）よりも高い降伏強度 $555\text{N}/\text{mm}^2$ である。

40

## 【0021】

なお、補強用鋼管杭9の諸元の決め方は、次のとおりである。

後述の実施例で説明するように、本例における補強前の胸壁19は最大変位が1.13mであり、既存鋼管杭5は地表面（標高+4.0m）とN=30の層の上端（標高-21.5m）で回転が固定された状態で変形が生じている。そのため、補強用鋼管杭9は25.5mの長さに対して、両端の回転が固定された状態で、1.13m以上の水平変位が可能な鋼管杭を選択する。鋼管杭の弾性範囲内となる水平変位は式（1）で求めることができる。

50

$$= M_y \times L^2 / 6EI \quad \dots (1)$$

ここで、 $\delta$  : 弾性範囲内の水平変位 (m)

$M_y$  : 降伏モーメント ( $M_y = \sigma_y \times Z$ )

$\sigma_y$  : 降伏強度 (kN/m<sup>2</sup>)

Z : 断面係数 (m<sup>3</sup>)

E : ヤング率 (kN/m<sup>2</sup>)

L : 鋼管杭の回転が固定された区間の長さ (m)

I : 断面二次モーメント (m<sup>4</sup>)

#### 【 0 0 2 2 】

式 ( 1 ) によれば、直径508mm、板厚17.5mm ( 腐食代1mm考慮 )、降伏強度555N/mm<sup>2</sup>、ヤング率 $2.06 \times 10^5$ N/mm<sup>2</sup>の鋼管杭の弾性範囲内の水平変位は1.15mであり、補強前の最大変位である1.13mを上回っている。

10

#### 【 0 0 2 3 】

次に、津波波力に対して必要となる補強用鋼管杭 9 の本数を算定する。補強用鋼管杭 2 本 ( 海側、陸側 ) の単位奥行あたりで弾性範囲内となる水平荷重は、式 ( 2 ) で求めることができる。なお、本事例では津波波力の合力は、170kN/mである。

$$P = 2 \times M_y / \text{width} / ( L / 2 ) \quad \dots (2)$$

ここで、P : 補強用鋼管杭2本あたりの単位奥行の弾性範囲内となる水平荷重 (kN/m)

$M_y$  : 降伏モーメント ( $M_y = \sigma_y \times Z$ )

width : 鋼管杭の奥行方向の配置間隔 (m)

20

式 ( 2 ) によれば、直径508mm、板厚17.5mm ( 腐食代1mm考慮 )、降伏強度555N/mm<sup>2</sup>の補強用鋼管杭 2 本は、堤体奥行方向1.5mピッチで配置することで水平荷重が175kN/mとなる。

#### 【 0 0 2 4 】

以上のように構成された本実施の形態によれば、設計対象の地震動が大きくなったため耐震補強が必要な既存鋼管杭 5 で支持された補強前の胸壁 1 9 に関して、既存鋼管杭 5 よりも変形性能が優れた補強用鋼管杭 9 を増設することで、増設した補強用鋼管杭 9 は地震時にも弾性範囲内とすることが可能で、また地震後に作用する津波力にも弾性範囲内で耐えることが可能となり、補強後の胸壁 7 に大きな水平変位が発生せず、背後地を津波から守ることができる。

30

#### 【 0 0 2 5 】

既存鋼管杭の直径、板厚、降伏強度は、施工された胸壁により様々なので、既存鋼管杭にあわせて補強用鋼管杭 9 を適宜選定、打設すればよいことは、言うまでもない。

また、上記においては、既存支持杭が鋼管杭である場合について説明したが、既存支持杭がH鋼杭の場合も同様に、補強用鋼管杭 9 を使用した防潮堤の補強構造を提供できる。

既存支持杭がH鋼杭の場合は、補強用鋼管杭 9 の降伏強度を当該H鋼杭よりも大きくすること、または補強用鋼管杭 9 の曲げ剛性を当該H鋼杭の強軸方向の曲げ剛性よりも小さくすること、の少なくともひとつを適用する。また、補強用鋼管杭 9 の水平変位の計算も、前述の通りで問題ない。

40

#### 【実施例】

#### 【 0 0 2 6 】

本発明の効果を確認するために、補強前の胸壁 1 9、比較例として従来方法で補強したもの及び本発明例で補強したものについて地震応答解析を行ったので、以下に説明する。なお、入力地震波は、図 4 に示す波形を用いた。

#### 【 0 0 2 7 】

< 護岸及び胸壁の構造 >

#### 《補強前のもの》

まず、補強前の護岸 1 1 及び胸壁 1 9 について、図 5 ~ 図 7 に基づいて説明する。なお、図 5 ~ 図 7 において、図 1 ~ 図 3 と同一部分には同一の符号を付して説明を省略する。

補強前の胸壁 1 9 は、図 5 ~ 図 7 に示すように、図 1 で示した堤体 3 と同様のL型の堤

50

体 3 を既存鋼管杭 5 で支持したものであり、既存鋼管杭 5 は、図 1 で示したものと同様に直径1200mm、板厚12mm、降伏強度 $315\text{N}/\text{mm}^2$ であり、海陸方向 2 本で、堤体奥行方向のピッチは 5 m である。津波波力の合力は、 $170\text{kN}/\text{m}$ とした。

【 0 0 2 8 】

《 比較例のもの 》

比較例として、従来方法で補強を行った胸壁 2 1 について、図 8 ~ 図 1 0 に基づいて説明する。

比較例は図 5 に示した胸壁 1 9 に対して、従来の方法で堤体 3 の海側と陸側に鋼管杭を用いた補強を行ったものである。すなわち、図 1 と同様に、堤体 3 の近傍であって、堤体 3 の海側及び背後地側に補強用の鋼管杭 2 3 を打設して、上端部を堤体 3 とコンクリート

10

で一体化している。ただ、図 1 と違う点は、補強用として打設した鋼管杭 2 3 が既存鋼管杭 5 と同様と同じ直径1200mm、板厚は25mm（地震応答解析では腐食代1mmを考慮）、降伏強度 $315\text{N}/\text{mm}^2$ であることである。鋼管杭 2 3 の堤体奥行方向のピッチは 5 m である。

【 0 0 2 9 】

《 本発明の第一の実施例 》

第一の実施例は上記の実施形態において図 1 ~ 図 3 で説明した通りであり、直径508mm、板厚17.5mm、降伏強度 $555\text{N}/\text{mm}^2$ の補強用鋼管杭 9 を、海側と陸側で各 1 本ずつ、すなわち海陸方向 2 本として、これを堤体奥行方向に1.5mピッチで打設したものである。

【 0 0 3 0 】

《 本発明の第二の実施例 》

第二の実施例を図 1 1 ~ 図 1 3 で説明する。図 1 ~ 図 3 で説明した第一実施例に対して、補強用鋼管杭 9 の配置を、海側と陸側で各 2 本ずつ、すなわち海陸方向 4 本として、これを堤体奥行方向に3mピッチで打設したものである。単位奥行方向あたりの杭本数は第一の実施例と同じである。

20

【 0 0 3 1 】

< 解析結果 >

以下、解析結果について、図 1 4 ~ 図 2 2 に基づいて説明する。

《 補強前 》

図 1 4 は、補強前のものの残留変形図であり、図 1 5 は堤体 3 を支持する既存鋼管杭 5 の曲率比（ = 発生最大曲率 / 鋼管杭の弾性限界時の曲率  $y$  ）の分布図である。

30

図 1 4 を見ると、胸壁 1 9 が海側に変位していることが分かり、この残留水平変位量は 0.90m で、最大水平変位は1.13mであった。

また、図 1 5 に示されるように、海側、陸側のいずれの既存鋼管杭 5 も曲率比が1.0を大幅に超え、塑性化が生じていることが分かる。

【 0 0 3 2 】

《 比較例 》

残留変形図である図 1 6 を見ると、胸壁 2 1 が海側に変位していることが分かり、この残留水平変位量は0.98m（最大水平変位1.14m）であり、補強前とほとんど変わらない値である。

40

図 1 7 の鋼管杭の曲率比のグラフを見ると、既存鋼管杭 5 は補強前と同様に曲率比が1.0を大幅に越え（図 1 7（ a ） 、（ b ） 参照）、補強用に設置した補強用の鋼管杭 2 3 についても、海側、陸側共に1.0を越えている。

このように、従来の方法で補強しても、既存および補強した鋼管杭を弾性範囲内に抑えることができていないことが分かる。つまり、このような方法では、地震後の津波に対して背後地を有効に守ることができない。

【 0 0 3 3 】

《 本発明の第一の実施例 》

残留変形図である図 1 8 を見ると、胸壁 7 が海側に変位していることが分かり、この残留水平変位量は1.12m（最大水平変位1.30m）であり、補強前及び従来例よりも大きな値で

50

あった。これは、補強用鋼管杭 9 が奥行方向に密に配置されているため（単位奥行に補強用鋼管杭 9 の占める割合は $0.508\text{m}/1.5\text{m}=0.34$ 、比較例では $1.2\text{m}/5.0\text{m}=0.24$ ）、地震時に護岸および背後側の地盤が海側へ移動する際に、比較例よりも大きな力をうけて、残留変位が増加しているためと考えられる。なお、水平変位の増加をさせない工夫をした実施例は、第二の実施例で説明する。

図 19 の鋼管杭の曲率比のグラフを見ると、既存鋼管杭 5 は補強前と同様に曲率比が 1.0 を大幅に越えているが（図 19（a）、（b）参照）、補強用鋼管杭 9 については、海側、陸側共に 1.0 以下に抑えられており弾性範囲内である（図 19（c）、（d）参照）。このように、本発明に基づいて補強した補強用鋼管杭 9 は弾性範囲内となっており、地震後の津波に対して大きな変位を生じることが無く、背後地を津波から守ることができることが示されている。

10

#### 【0034】

##### 《本発明の第二の実施例》

残留変形図である図 20 を見ると、胸壁 25 が海側に変位していることが分かり、この残留水平変位量は $0.93\text{m}$ （最大水平変位 $1.13\text{m}$ ）であり、従来例と概ね同等で、比較例と第一の実施例よりも小さな値であった。

鋼管杭の曲率比のグラフを見ると、既存鋼管杭 5 は補強前と同様に曲率比が 1.0 を大幅に越えているが（図 21（a）、（b）参照）、補強用鋼管杭 9 については、海側、陸側の 4 本共に 1.0 以下に抑えられており弾性範囲内である（図 22 参照）。

このように、本発明に基づいて補強した補強用鋼管杭 9 は弾性範囲内となっており、地震後の津波に対して大きな変位を生じることが無く、背後地を津波から守ることができることが示されている。

20

また、第二の実施例では、補強用鋼管杭 9 の設置による胸壁 25 の地震時の水平変位の増加を抑えながら、地震後の津波に耐えることが可能となっている。

#### 【0035】

なお、第一の実施例と第二の実施例では、胸壁 7、25 の海側と陸側に補強用鋼管杭 9 を配置しているが、津波波力に耐えることが可能であれば、どちらか一方の配置とすることができる。また、補強用鋼管杭 9 は奥行方向に等間隔で配置しているが、等間隔に限定する必要は無い。

#### 【0036】

上記の実施例では、図 4 に示される地震動を想定したが、当然のことながら、地震動は、発生した地震の規模、その結果予想される津波の波力、防潮堤が存在する場所の地盤の状態、等によって変わる。したがって、防潮堤を補強する場合は、予想される地震の規模や津波の波力、また地盤の状態等を考慮して地震動を想定し、防潮堤の補強構造を決定することが好ましい。

30

#### 【0037】

上記の説明では、補強用鋼管 9 が地震後の津波波力に耐え得るとして説明したが、津波波力の他、地震後の波浪、高潮の波力にも耐え得るようにするのが好ましい。

また、地震後に余震が発生することも想定されることから、補強用鋼管 9 は余震による慣性力と動水圧を考慮して設計することが好ましい。

40

#### 【0038】

また、上記の実施の形態では補強対象となる防潮堤の例として、水際線からある程度距離が離れた位置に設置される胸壁 7 を例に挙げたが、本発明はこれに限定されるものではなく、図 23 に示す防潮堤の補強構造 27 のように、水際線の近傍において設置されて護岸を兼ねる防潮堤 29 の補強にも適用できる。

図 23 において、図 1 と同一部分には同一の符号を付して説明を省略するが、図 23 において図 1 と異なる主な点は、図 23 の場合には提体 3 の海側に土留用の矢板壁 31 が形成されている点である。

補強用鋼管 9 は、矢板壁 31 よりも、海側に打設される。こうすることで、水際線の近くに設置された防潮堤 29 に対しても、地震後の津波に対して大きな変位を生じることな

50

く、背後地を津波から守ることができる防潮堤の補強構造を提供できる。

【符号の説明】

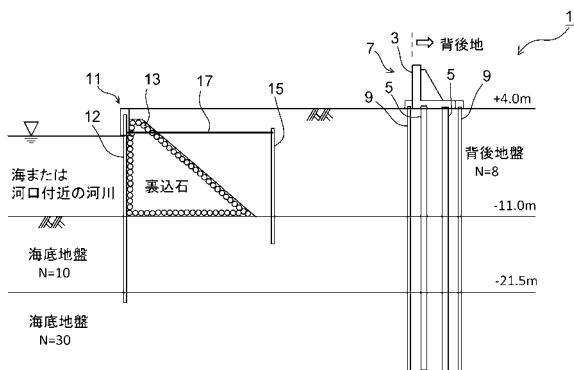
【0039】

- 1 胸壁の補強構造
- 3 堤体
- 5 既存鋼管杭
- 7 胸壁
- 9 補強用鋼管杭
- 11 護岸
- 12 矢板壁
- 13 裏込石
- 15 控え杭
- 17 タイロッド
- 19 胸壁（補強前）
- 21 胸壁（従来方法）
- 23 補強用の鋼管杭
- 25 胸壁（第二の実施例）
- 27 防潮堤の補強構造
- 29 防潮堤
- 31 矢板壁

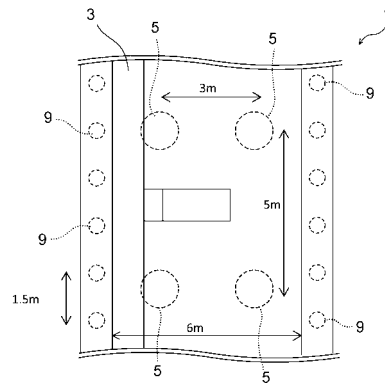
10

20

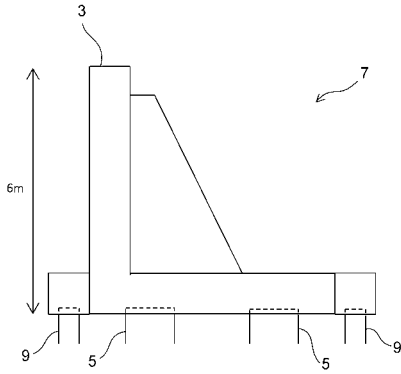
【図1】



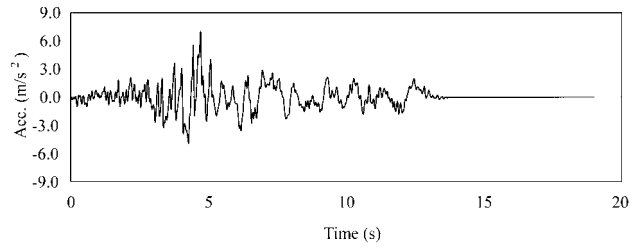
【図2】



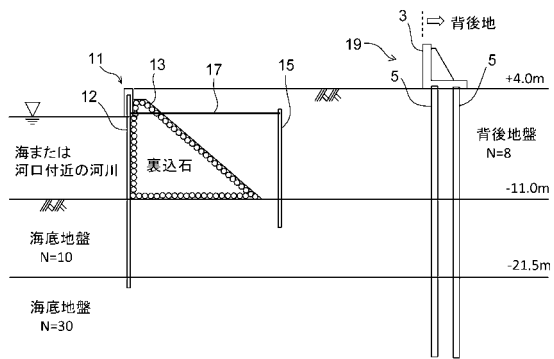
【 図 3 】



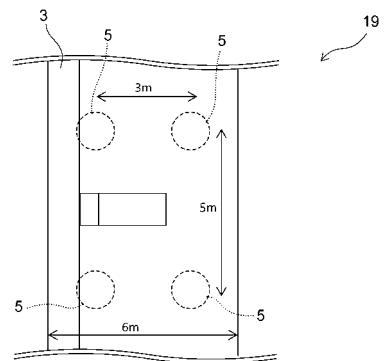
【 図 4 】



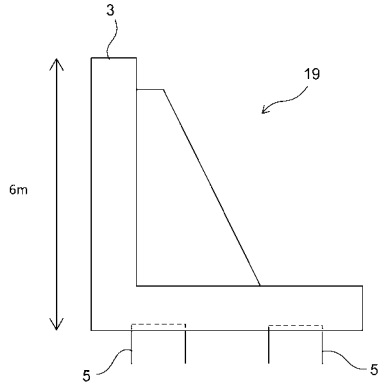
【 図 5 】



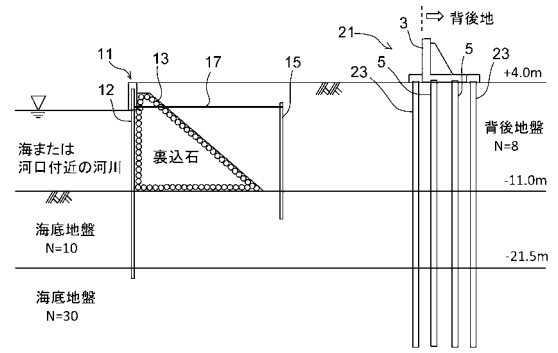
【 図 6 】



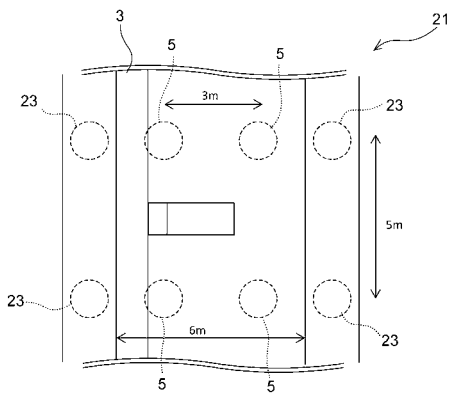
【 図 7 】



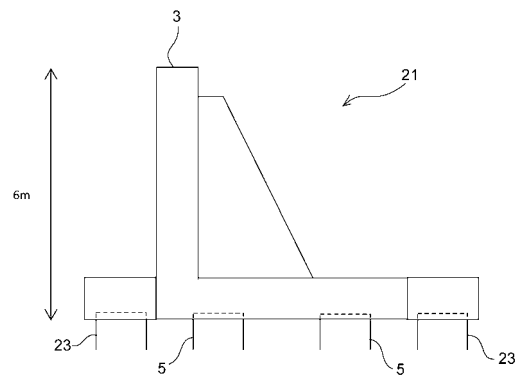
【 図 8 】



【 図 9 】

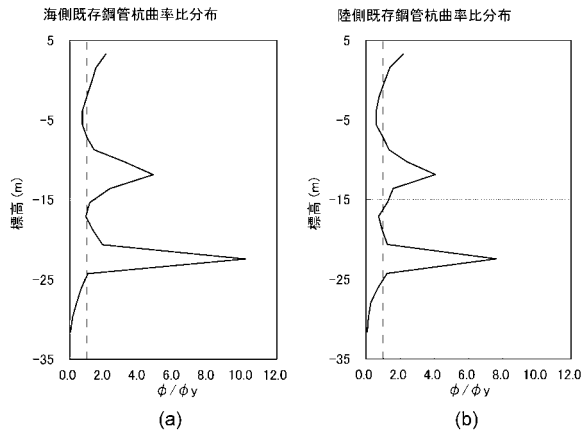


【 図 10 】

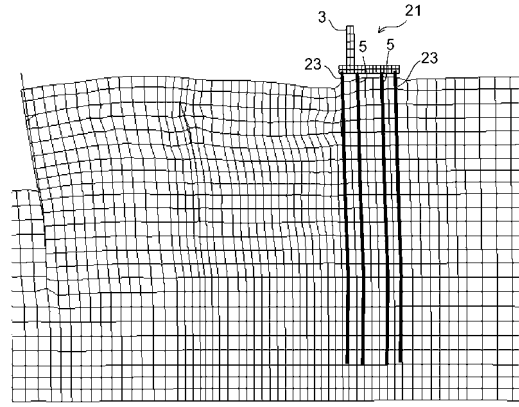




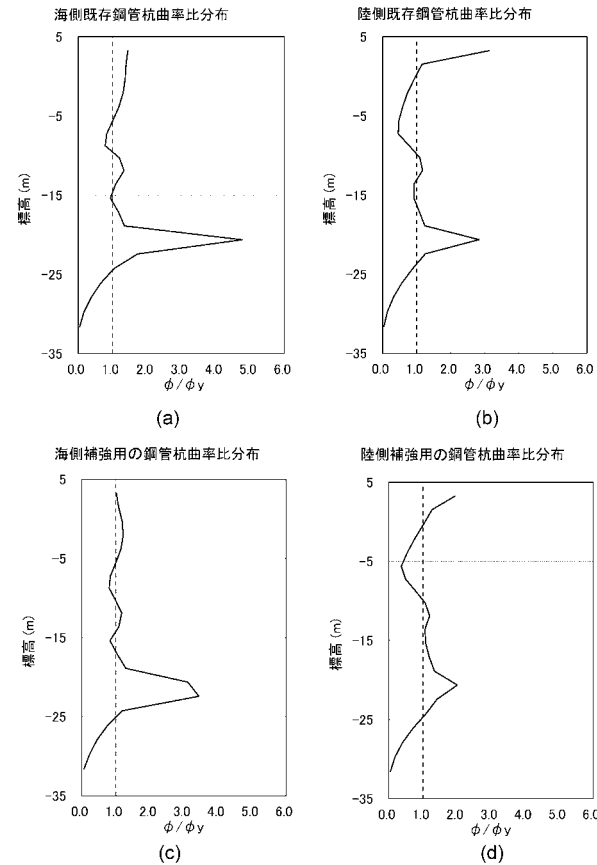
【 図 1 5 】



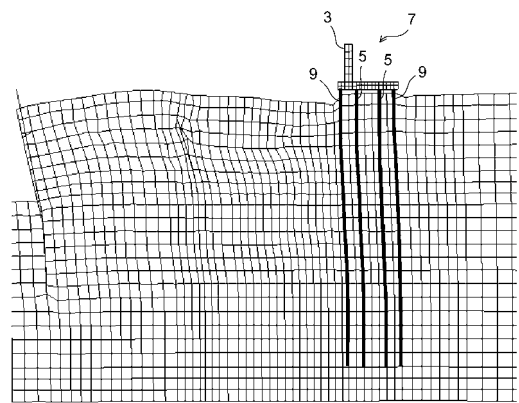
【 図 1 6 】



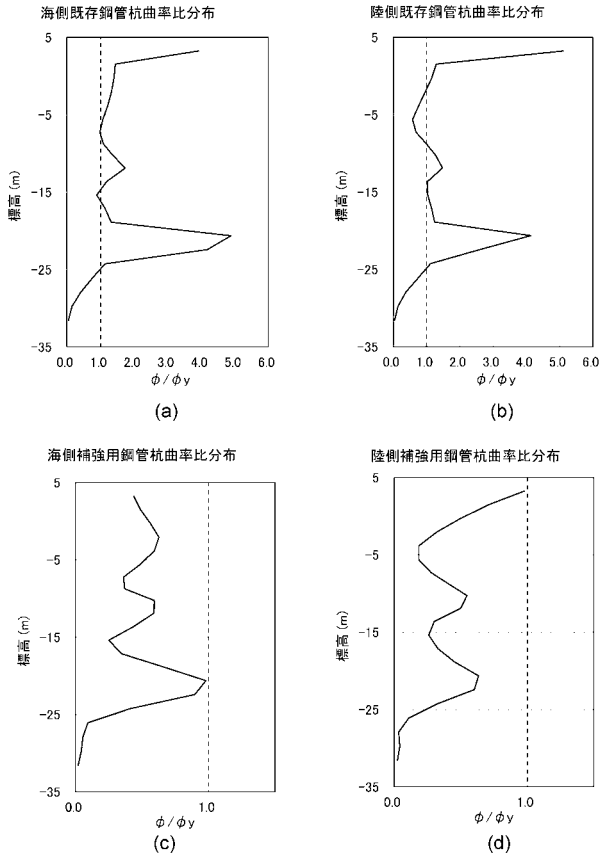
【 図 1 7 】



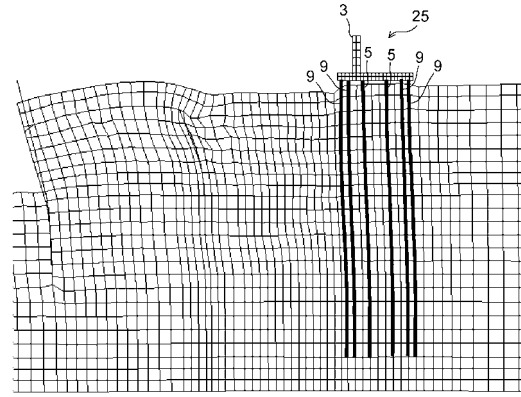
【 図 1 8 】



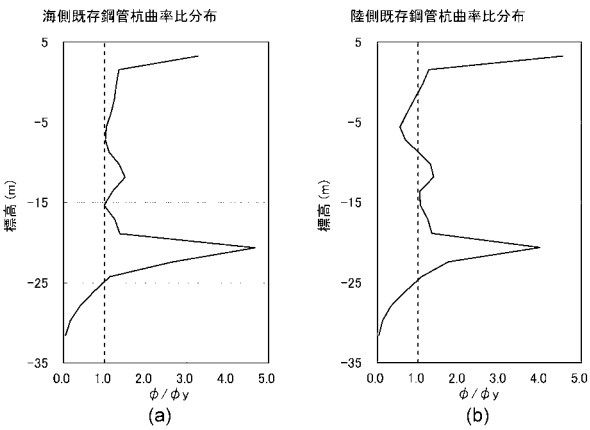
【 図 19 】



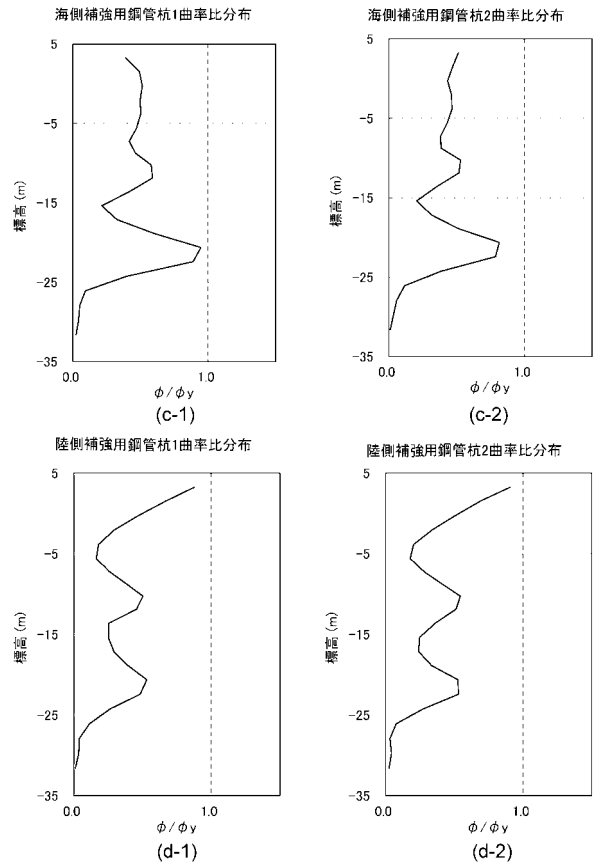
【 図 20 】



【 図 21 】



【 図 22 】



【 図 2 3 】

