

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4306552号  
(P4306552)

(45) 発行日 平成21年8月5日(2009.8.5)

(24) 登録日 平成21年5月15日(2009.5.15)

(51) Int.Cl.

E02B 3/06 (2006.01)

F 1

E 0 2 B 3/06 3 0 1

請求項の数 4 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2004-216030 (P2004-216030)  
 (22) 出願日 平成16年7月23日 (2004.7.23)  
 (65) 公開番号 特開2006-37400 (P2006-37400A)  
 (43) 公開日 平成18年2月9日 (2006.2.9)  
 審査請求日 平成18年8月7日 (2006.8.7)

(73) 特許権者 000004123  
 J F E エンジニアリング株式会社  
 東京都千代田区大手町二丁目6番2号  
 (74) 代理人 100080458  
 弁理士 高矢 諭  
 (74) 代理人 100076129  
 弁理士 松山 圭佑  
 (74) 代理人 100089015  
 弁理士 牧野 剛博  
 (72) 発明者 本田 秀樹  
 神奈川県川崎市川崎区南渡田町1-1 J  
 F E 技研株式会社内  
 (72) 発明者 塩崎 祐郎  
 神奈川県川崎市川崎区南渡田町1-1 J  
 F E 技研株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】防波堤用構造体及び防波堤

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

海底地盤上に載置可能な防波堤用構造体であって、該構造体は底板で海底地盤上に載置される骨組み構造からなり、重量部分が水面上部に置かれ、少なくとも平均水面が傾斜位置に来るよう該骨組み構造体に配設された港内側に傾斜した不透壁を有する防波版を備え、前記底板を少なくとも港内側と港外側に分割し、該底板間に底板の無い部分を設けたことを特徴とする防波堤用構造体。

## 【請求項 2】

前記防波版の港内側に傾斜した不透壁と水面下で連接する鉛直の不透壁が設けられていることを特徴とする請求項1記載の防波堤用構造体

10

## 【請求項 3】

請求項1又は2に記載の防波堤用構造体であって、

次の(1)式で表わされた、港外側から港内側に押し寄せる波による該構造体に作用する押す力による該構造体の安全係数  $S_F a$  と、

次の(2)式で表わされた、港内側から港外側に引く波による該構造体に作用する引く力による該構造体の安全係数  $S_F b$  とが、共に1.2以上であることを特徴とする防波堤用構造体。

$$S_F a = (W - U + F_v 1 + F_v 2) / F_H \dots (1)$$

$$S_F b = (W - U + F_v 2) / F_H \dots (2)$$

ここで、W: 防波堤重量 (気中重量)

20

U : 浮力

F<sub>V</sub> 1 : 防波版斜面部に作用する鉛直波力

F<sub>V</sub> 2 : 底版に作用する鉛直波力 (鉛直下向きを正)

F<sub>H</sub> : 水平波力合力

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の防波堤用構造体を、前記防波版が連続するように並べて海底地盤に配置したことを特徴とする防波堤。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は、港湾や漁港等に建設される防波堤用構造体、及び、該防波堤用構造体を用いた防波堤に関する。

【背景技術】

【0002】

防波堤は、来襲する波浪で生じる波力に対して、その重量 (自重) により安定性を確保している構造物である。この波力には、波が防波堤に押し寄せた状態 (以後、波の山作用時) で作用する波力と、波が防波堤から引いた状態 (以後、波の谷作用時) で作用する波力があり、それぞれの波力の算定には、合田式が一般的に用いられている。それぞれの状態における作用波力模式図を図 1 (A)、(B) に示す。防波堤 10 の重量は、この波力に対して、波の山作用時と波の谷作用時の両方において、滑動安全率 S<sub>F</sub> ((3) 式参照) が 1.2 以上となるように定めている。

20

【0003】

<滑動安定性の照査式>

$$S_F = \mu (W - U + F_V) / F_H \quad 1.2 \quad \dots (3)$$

W : 防波堤重量 (気中重量)

U : 浮力

F<sub>V</sub> : 鉛直波力合力 (鉛直下向きを正)

F<sub>H</sub> : 水平波力合力

【0004】

図 2 に示す如く、従来の防波堤 (重力式) は殆どが箱形状であり、特許文献 1 や 2 に示される如く、その内部に砂や石 (中詰砂と称する) 12 を投入することによって重み付けをしている。図において、14 は上部工である。

30

【0005】

又、特許文献 3 乃至 5 に例示される如く、杭を打ち込むものもある。

【0006】

【特許文献 1】特開 2001-207425 号公報

【特許文献 2】特開 2001-241022 号公報

【特許文献 3】特開平 10-231511 号公報

【特許文献 4】特開 2000-204530 号公報

【特許文献 5】特開 2003-82636 号公報

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところが、静水面下の部分には浮力が作用するため、重量の半分程度は相殺されてしまう。又、波作用時には、図 1 に示すように、底版 10 B 全体に鉛直波力が作用する。この鉛直波力は、波の山が作用するときに鉛直上向きとなり (揚圧力と称する)、防波堤 10 を不安定にするように作用するため、(3) 式を用いた照査により堤体重量を求めるとき、殆どの場合において、図 1 (A) に示した波の山作用時での必要重量となる。この時、図 1 (B) に示した波の谷作用時の滑動安全率は非常に大きくなり、図 3 に示す設計断面について行なった、次に示す滑動安全率の比較例の如く、波の谷作用時には大きな余剰耐力

50

を有してしまうことになる。

【0008】

滑動安全率の比較例

・波浪条件

有義波高  $H_{1/3} = 4.7 \text{ m}$  , 設計波高  $H_D = 8.25 \text{ m}$  , 周期  $T = 11.0 \text{ s}$

堤体幅  $B = 6.7 \text{ m}$  , 堤体重量(水中重量)  $W = 2163.8 (\text{KN/m})$  , 摩擦係数  $\mu = 0.7$

・作用波力(水平波力は岸向きがプラス, 揚圧力は鉛直下向きがプラス)

<波の山作用時>

水平波力  $F_h = 1156.7 (\text{KN/m})$  , 揚圧力  $F_u = -180.9 (\text{KN/m})$  10

)

<波の谷作用時>

水平波力  $F_h = -489.4 (\text{KN/m})$  , 揚圧力  $F_u = 139.7 (\text{KN/m})$

・滑動安全率

<波の山作用時> 滑動安全率  $SFa = 1.20$

<波の谷作用時> 滑動安全率  $SFb = 3.29$

【0009】

このような問題点を解決するべく、特許文献1乃至4には、前壁部を港外側から港内側に向けて傾斜させることが記載され、特許文献5には凹面状とすることが記載されているが、十分とは言えない。

20

【0010】

特許文献3乃至5には、更に、杭を打ち込むことが記載されているが、施工が大変である。

【0011】

本発明は、前記従来の問題点を解消するべくなされたもので、港湾や漁港の防波堤に用いるための、低コストの防波堤用構造体を提供することを第1の課題とする。

【0012】

本発明は又、前記防波堤用構造体を用いた防波堤を提供することを第2の課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

30

本発明は、海底地盤上に載置可能な防波堤用構造体であって、該構造体は底板で海底地盤上に載置される骨組み構造からなり、重量部分が水面上部に置かれ、少なくとも平均水面が傾斜位置に来るよう該骨組み構造体に配設された港内側に傾斜した不透壁を有する防波版を備え、前記底板を少なくとも港内側と港外側に分割し、該底板間に底板の無い部分を設けることにより、前記第1の課題を解決したものである。

【0016】

又、前記防波版の港内側に傾斜した不透壁と水面下で連接する鉛直の不透壁を設けたものである。

【0017】

本発明は、又、前記の防波堤用構造体であって、次の(1)式で表わされた、港外側から港内側に押し寄せる波による該構造体に作用する押す力による該構造体の安全係数  $SFa$  と、次の(2)式で表わされた、港内側から港外側に引く波による該構造体に作用する引く力による該構造体の安全係数  $SFb$  とを、共に1.2以上としたものである。

40

【0018】

$$SFa = (W - U + F_{v1} - F_{v2}) / F_H \quad \dots (1)$$

$$SFb = (W - U + F_{v2}) / F_H \quad \dots (2)$$

ここで、W:防波堤重量(気中重量)

U:浮力

$F_{v1}$ :防波版斜面部に作用する鉛直波力

$F_{v2}$ :底版に作用する鉛直波力(鉛直下向きを正)

50

$F_H$  : 水平波力合力

【0019】

本発明は、又、前記防波堤用構造体を、前記防波版が連続するように並べて海底地盤に配置することにより、前記第2の課題を解決したものである。

【0020】

本発明は、鋼管や形鋼で形成される骨組み構造体に防波版を取付ける構造形式とすることで、静水面下に作用していた浮力をできるだけ小さくした。防波版は、防波堤全体の安定性を向上させるために、港内側に向かって傾斜した斜面不透過壁とした。これにより、斜面壁に作用する波力は水平成分（水平波力）と鉛直成分（鉛直波力）に分割することができる。このとき、水平波力は従来の垂直壁に作用するよりも低減し、鉛直波力は鉛直下向き（防波堤を安定にする方向）に作用する。

10

【0021】

又、底版全体に作用していた鉛直波力（揚圧力）を低減するために、防波堤底面には、港外側と港内側にそれぞれ分割した底版を設置した。

【0022】

これらにより、波の山作用時において、水平波力は低減し、鉛直上向きに作用する鉛直波力（揚圧力）も低減するため、(3)式を満足する堤体重量Wは、従来よりも少なくすることができる。この時、波の谷作用時における滑動安全率S<sub>F</sub>bは、これまでの構造の場合よりも小さくなり、波の山作用時と谷作用時における滑動安全率S<sub>F</sub>a、S<sub>F</sub>bを同程度にすることができるため、無駄のない最適な防波堤断面とすることが可能となる。

20

【発明の効果】

【0023】

本発明によれば、鋼管や形鋼で形成される骨組み部材に、直立な不透過壁と港内側に向かって傾斜した斜面不透過壁からなる防波版、港外側と港内側にそれぞれ分離した底版、重量付けのための上部工を設置した構造形式とすることで、従来構造の防波堤よりも低コストで製作することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

以下図面を参照して、本発明の実施形態を詳細に説明する。

【0025】

30

本実施形態の概略図を図4に示す。従来の重力式防波堤の中詰砂部を省略して、鋼管や形鋼で形成される鋼製フレームの骨組み部材（骨組み構造体）20を設け、その港外側に防波版22を取付ける。骨組み構造をしているため、従来の箱形状の防波堤と比較して浮力は殆ど作用しない。防波版22は、防波堤10の安定性を向上させるために、上部22Aを斜面構造としている。防波堤10の上端には、作用する波力に対して必要となる重量付けのための上部工24を設ける。又、防波堤10の下端には、港外側と港内側のそれぞれに底版26A、26Bを設け、底面全体に作用していた揚圧力を低減させている。

【0026】

本発明による実施形態が、実際の構造形式として成立するか否かを検証するために水理実験を行った。水理実験では、設計に用いるための各部材に作用する波圧分布と防波堤全体の安定性を検証した。実験断面図を図5に示す。実験模型は、実物の重心・重量を基にフルード相似則を用いて縮小したものとし、縮尺率は1/50とした。波の山作用時(A)と波の谷作用時(B)に、各部材に作用する波圧分布を図6に示す。実験時の波浪条件は、現地換算値で、周期11.0s、波高8.25mである。これより、図6(A)に示した波の山作用時において、防波版22には合田式に斜面の効果を取り入れた細山田式、底版は港外側26Aのみに波圧が作用する。一方、図6(B)に示した波の谷作用時には、波高の1.0倍に相当する防波堤前面の水位低下量が静水圧分布として防波版22に作用し、底版は港外側26Aのみに作用する。また、上部工24の下面是、波高の0.2倍相当の静水圧分布を一様に作用させた。

40

【0027】

50

今回の実験結果における波圧分布式の模式図を図7に示す。この波圧分布式を用いて、防波堤の安定性を検証するために滑動実験を行った。滑動実験は、図7で示される波圧分布式を用いて、図8に示す如く、滑動安全率  $S_F = 1.0$  となる防波堤を対象に、様々な波高を作用させて防波堤の滑動（変位）の有無により安定性を検証する手法である。滑動安全率  $S_F = 1.0$  以上において滑動（変位）がなければ、波圧分布式は妥当であり、本発明による実施形態の防波堤が成立可能となる。

#### 【0028】

実験結果を図9に示す。これより、滑動安全率  $S_F = 1.0$  以上での滑動（変位）は生じていないことから、図7に示す波圧分布式は妥当であり、本発明による防波堤が実際の構造形式として成立可能であることが実証できた。

10

#### 【0029】

そこで、図5に示す断面を対象にして、図6に示す波圧分布式を用いて滑動安全率を求めた。その結果、波の山作用時と波の谷作用時の滑動安全率は従来構造と比べて同程度となっており、又、必要となる堤体重量Wは従来構造の7割程度であることから、本発明による防波堤は、従来構造と比較して低コストに製作することが可能である。

#### 【0030】

##### 滑動安全率の比較

###### ・波浪条件

有義波高  $H_{1/3} = 4.7 \text{ m}$  , 設計波高  $H_D = 8.25 \text{ m}$  , 周期  $T = 11.0 \text{ s}$

堤体幅  $B = 12.8 \text{ m}$  , 堤体重量（水中重量）  $W = 1457.0 (\text{KN/m})$  , 摩擦係数  $\mu = 0.7$

20

・作用波力（水平波力は岸向きがプラス、鉛直波力・揚圧力は鉛直下向きがプラス）

<波の峰作用時>

水平波力合力  $F_h = 732.3 (\text{KN/m})$  , 鉛直波力合力  $F_v = 292.6 (\text{KN/m})$  ,

揚圧力  $F_u = -54.0 (\text{KN/m})$

<波の谷作用時>

水平波力合力  $F_h = -753.7 (\text{KN/m})$  , 鉛直波力合力  $F_v = -70.2 (\text{KN/m})$  ,

揚圧力  $F_u = 40.5 (\text{KN/m})$  , 上部工下面の揚圧力  $F_v' = -135.0 (\text{KN/m})$

30

###### ・滑動安全率

<波の山作用時> 滑動安全率  $S_F a = 1.62$

<波の谷作用時> 滑動安全率  $S_F b = 1.20$

#### 【0031】

本実施形態においては、重量付けのための上部工24と、港外側と港内側にそれぞれ分離した底板26A、26Bを併用していたので、効果が高い。なお、いずれか一方のみの構成を採用することも可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0032】

40

【図1】従来の問題点を説明するための、合田式による作用波力模式図

【図2】従来の重力式防波堤の一例の構成を示す断面図

【図3】同じく設計断面図

【図4】本発明に係る防波堤構造体の実施形態の構成を示す斜視図

【図5】同じく実験断面図

【図6】同じく波圧分布図

【図7】同じく波圧分布式模式図

【図8】同じく滑動安全率1.0の状態を示す断面図

【図9】同じく滑動実験結果を示す線図

【符号の説明】

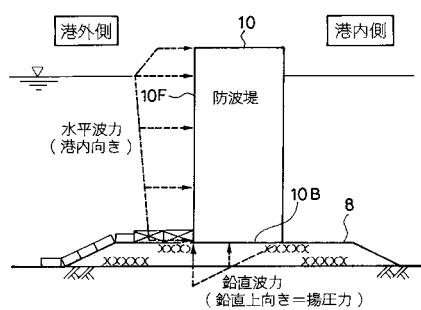
50

## 【0033】

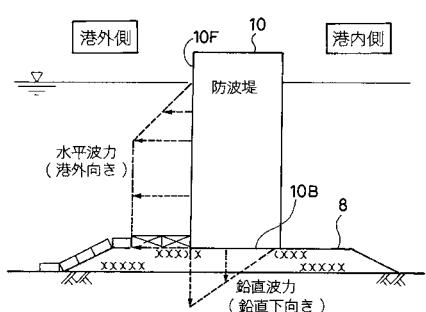
- 8 ... 基礎マウンド
- 10 ... 防波堤
- 20 ... 骨組み部材 (骨組み構造体)
- 22 ... 防波版
- 22A ... 斜面部
- 22B ... 直立部
- 24 ... 上部工
- 26B ... 港内側底板

【図1】

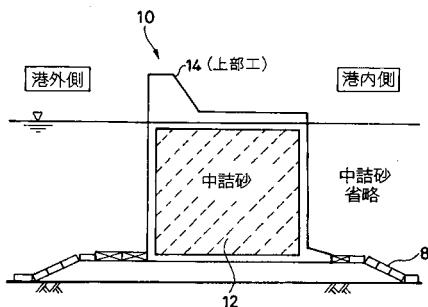
(A) 波の山作用時



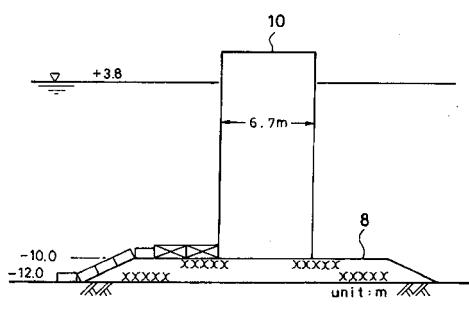
(B) 波の谷作用時



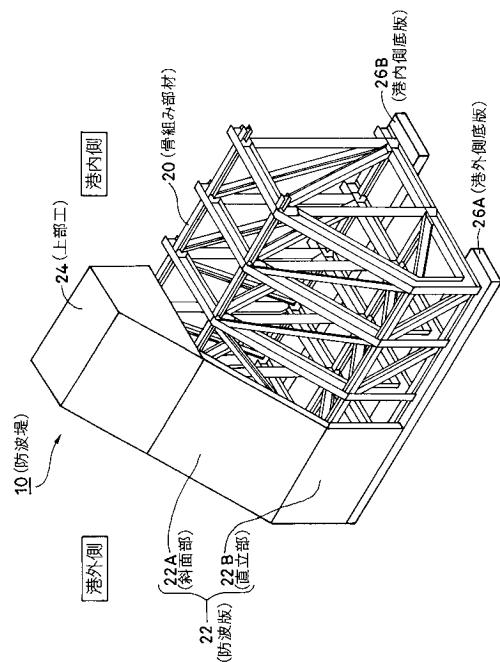
【図2】



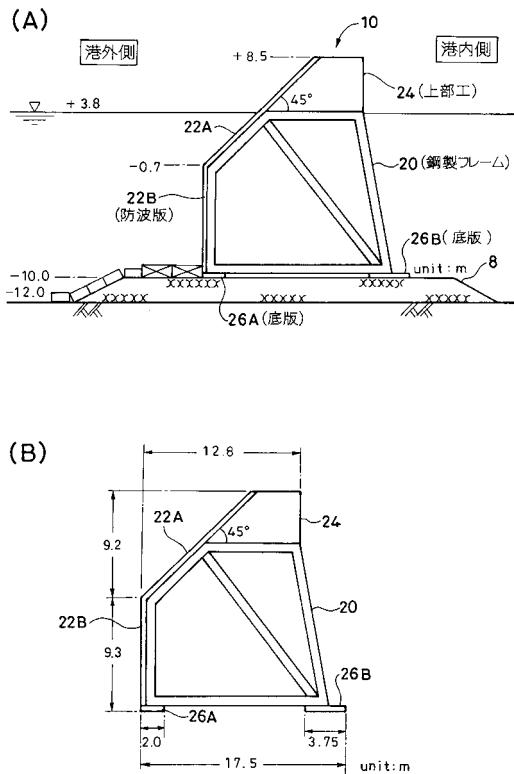
【図3】



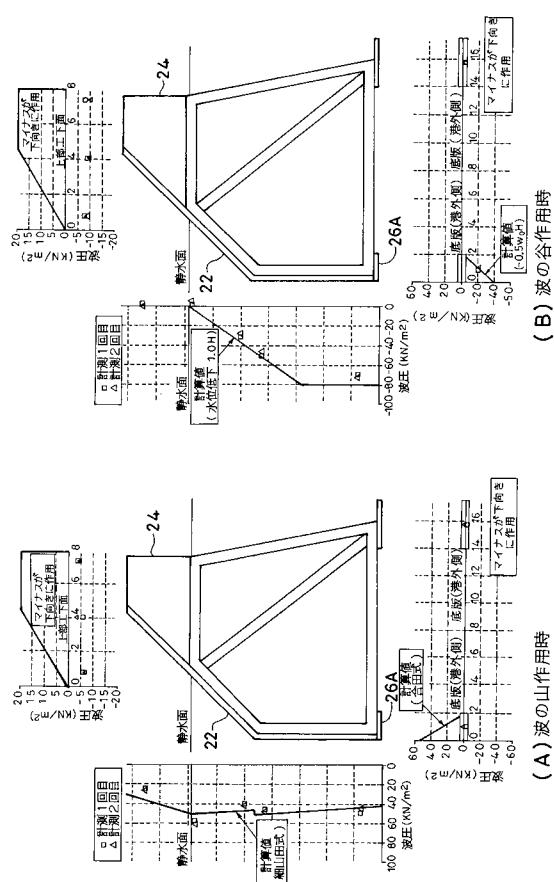
【図4】



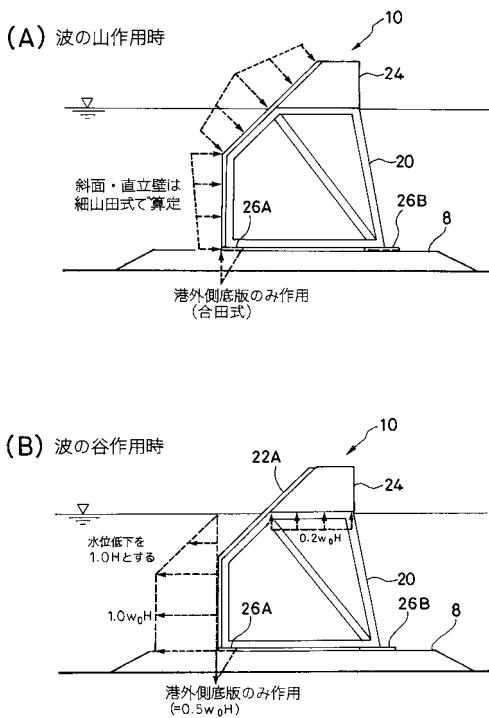
【図5】



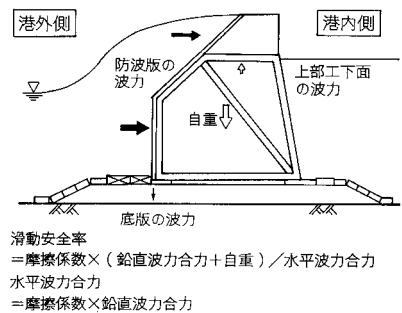
【図6】



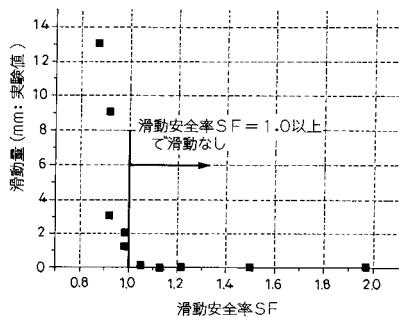
【図7】



【図8】



【図9】



---

フロントページの続き

(72)発明者 若菜 弘之

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 JFEエンジニアリング株式会社内

(72)発明者 堀内 博

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 JFEエンジニアリング株式会社内

審査官 西田 秀彦

(56)参考文献 特公平63-003084 (JP, B2)

特開2004-204671 (JP, A)

特開2002-275858 (JP, A)

特開平11-286916 (JP, A)

特開平10-231511 (JP, A)

特開平06-049823 (JP, A)

特開平08-165654 (JP, A)

特開2003-342934 (JP, A)

特開2001-207425 (JP, A)

実開昭61-198338 (JP, U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

E02B 3/06