

# 国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of  
National Institute for Land and Infrastructure Management

No. 995

October 2017

上部斜面を有する防波堤のレベル1信頼性設計法に関する検討  
～滑動照査および転倒照査を対象として～

高野向後・竹信正寛・宮田正史・佐藤健彦

A Study of the Level 1 Reliability Design Method for a Gravity-type Breakwater with a Slope  
～Performance Verifications of Sliding Failure and Overturning Failure～

Hisachika TAKANO, Masahiro TAKENOBU, Masafumi MIYATA, Takehiko SATO

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management  
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

# 上部斜面を有する防波堤のレベル1信頼性設計法に関する検討 ～滑動照査および転倒照査を対象として～

高野向後\*・竹信正寛\*\*・宮田正史\*\*\*・佐藤健彦\*\*\*\*

## 要 旨

港湾施設の設計では、平成19年度から信頼性設計法が導入されており、部分係数を用いた性能照査（レベル1信頼性設計法）が行われてきた。近年、この部分係数の見直しが進められており、岸壁および防波堤の主な構造形式である重力式係船岸、矢板式係船岸、栈橋、重力式防波堤（混成堤、消波ブロック被覆堤）の全体安定性に関する性能照査については、既に荷重抵抗係数アプローチによる新しい部分係数が提案されている。

本検討の目的は、重力式防波堤のうち、上部斜面堤および消波ブロック被覆上部斜面堤を対象として、上記に示した構造形式と同様に、荷重抵抗係数アプローチに基づく部分係数を提案することである。本検討では、混成堤および消波ブロック被覆堤と同様に、変動波浪に対する堤体の滑動照査および転倒照査において、現行設計法による断面が有する安全性を基に目標破壊確率を設定し、部分係数を算出した。また、新たな部分係数による堤体の断面幅と現行設計法による堤体の断面幅を比較した上で、滑動照査および転倒照査に用いる荷重抵抗係数アプローチに基づく部分係数を提案した。なお、破壊確率や部分係数の算出はモンテカルロシミュレーションを用いて行った。

**キーワード：**レベル1信頼性設計法，部分係数，荷重抵抗係数アプローチ，防波堤，上部斜面堤

---

\* 港湾研究部 港湾施設研究室 交流研究員（株式会社日本港湾コンサルタント）  
\*\* 港湾研究部 主任研究官  
\*\*\* 港湾研究部 港湾施設研究室 室長  
\*\*\*\* 港湾研究部 港湾施設研究室 交流研究員（五洋建設株式会社）

〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 国土交通省国土技術政策総合研究所  
電話：046-844-5019 Fax：046-842-9265 e-mail: ysk.nil-kikaku@ml.mlit.go.jp

## **A Study of the Level 1 Reliability Design Method for a Gravity-type Breakwater with a Slope**

### **~Performance Verifications of Sliding Failure and Overturning Failure~**

**Hisachika TAKANO\***  
**Masahiro TAKENOBU\*\***  
**Masafumi MIYATA\*\*\***  
**Takehiko SATO\*\*\*\***

#### **Synopsis**

The level 1 reliability design method (the partial factor method) has been introduced in port facilities since 2007. And now, to verify the performance of the main structural form of port facilities, new partial factors based on the load resistance factor approach have been proposed. The purpose of this study is to propose new partial factors based on the load resistance factor approach, similar to the port facilities shown above, for a breakwater with a slope.

In this study, the partial factor used for sliding verification and turning verification for the variable wave were calculated based on the safety possessed by a breakwater with a slope by the current design method. In addition, we compared the section width by new partial factors with the section width that was designed based on the current design method, and then proposed new partial factors based on the load resistance factor approach.

**Key Words** : Level 1 reliability design method, Partial factor, Load and Resistance Factor Approach,  
Performance verification, Gravity-type breakwater, Breakwater with slope

---

- \* Visiting Researcher, Port Facilities Division, Port and Harbor Department, NILIM  
(Japan Port Consultants, Ltd.)
- \*\* Senior Researcher, Port and Harbor Department, NILIM
- \*\*\* Head, Port Facilities Division, Port and Harbor Department, NILIM
- \*\*\*\* Visiting Researcher, Port Facilities Division, Port and Harbor Department, NILIM  
(PENTA-OCEAN CONSTRUCTION Co., Ltd.)

National Institute for Land and Infrastructure Management  
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism  
3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan  
Phone : +81-46-844-5019    Fax : +81-46-842-9265    e-mail: ysk.nil-kikaku@ml.mlit.go.jp

## 目 次

1. はじめに	1
1.1 目的	1
1.2 検討手順	1
2. 上部斜面を有する防波堤の変動波浪に対する照査方法	2
2.1 上部斜面を有する防波堤の特徴	2
2.2 上部斜面を有する防波堤の変動波浪に対する照査方法	2
2.3 上部斜面を有する防波堤の波力算定式	3
2.4 H19設計法における部分係数	6
3. 安全性水準の比較	8
3.1 H19設計法における安全性水準の考え方	8
3.2 検討条件	8
3.3 実質安全率による安全性水準の比較	10
4. 目標破壊確率の設定	13
4.1 破壊確率の概要	13
4.2 H19設計法による断面の破壊確率	13
4.3 目標破壊確率の設定	15
5. 部分係数の算出	16
5.1 部分係数フォーマット	16
5.2 部分係数の算出	16
5.3 部分係数の確認	19
6. おわりに	25
謝辞	25
参考文献	25
付録 A 試行回数設定	27
付録 B 波力算定式の統計的性質	28
付録 C 材料係数アプローチに基づく部分係数の算出	31
付録 D 部分係数一覧	35
付録 E 破壊確率一覧	43



## 1. はじめに

### 1.1 目的

港湾施設では「港湾の施設の技術上の基準」の性能規定化に伴い、平成19年から信頼性設計法が導入され、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成19年7月）」<sup>1)</sup>には、港湾施設の性能照査の手法の1つとして、レベル1信頼性設計法（部分係数法）が示された。これ以降、港湾施設の設計は「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成19年7月）」に基づく設計法（以下、「H19設計法」という。）による部分係数を用いて行われてきた。

近年、この部分係数の見直しが行われており<sup>2)</sup>、岸壁および防波堤の主な構造形式である重力式係船岸、矢板式係船岸、栈橋、重力式防波堤の全体安定性に関する性能照査については、既に新しい部分係数が提案されている。佐藤ら<sup>3)</sup>は重力式防波堤のうち、混成堤および消波ブロック被覆堤を対象として、変動波浪に対する滑動照査および転倒照査に用いる新しい部分係数を提案しており、具体的には、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成19年7月）」<sup>1)</sup>に示されている部分係数フォーマット（性能照査に用いる際の部分係数の形式）を見直し、荷重抵抗係数アプローチに基づく部分係数を提案している。

本検討の目的は、佐藤ら<sup>3)</sup>の研究では対象としていないものの、近年、採用実績が比較的多い上部斜面堤および消波ブロック被覆上部斜面堤を対象として（図-1.1）、荷重抵抗係数アプローチに基づく部分係数を提案することである。本検討では、佐藤ら<sup>3)</sup>の研究と同様な手順により部分係数を算出することとし、提案する部分係数によって、上部斜面堤および消波ブロック被覆上部斜面堤の性能照査は、混成堤および消波ブロック被覆堤と同様な手法に基づき行うことが可能となる。

なお、本検討において、上部斜面堤および消波ブロック被覆上部斜面堤に共通する事項を述べる場合には、2つの構造形式を総称して「上部斜面堤等」とする。また、混成堤および消波ブロック被覆堤についても同様に、「混成堤等」とする。

### 1.2 検討手順

本検討では、以下の検討手順により部分係数を算出する（図-1.2）。

まず、①安全性水準の比較では、H19設計法による防波堤断面の安全性水準が「港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成11年7月）」<sup>4)</sup>に基づく設計法（以下、「H11設計法」という。）による防波堤断面の安全性水準から変化があったのか不明確であるため、H19設計法によ

て設計された防波堤断面が有する安全性水準を安全率や断面幅を指標として、H11設計法によって設計された防波堤断面との比較によって確認する。安全性水準の比較にあたっては、一般的な防波堤における設計条件が包含されるように設定された設計条件の下で滑動照査および転倒照査を実施し、各々の最小断面幅を算出する。設計条件については、上部斜面堤および消波ブロック被覆上部斜面堤のそれぞれに対して41ケースを設定した。

②目標破壊確率の設定では、①で算出したH19設計法による断面の滑動照査および転倒照査に対する破壊確率を算出し、各断面の破壊確率の傾向を確認する。その上で構造形式、照査項目毎に目標破壊確率を設定する。

③部分係数の算出では、②で設定した目標破壊確率に基づき、部分係数を算出する。ここで算出する部分係数は、荷重抵抗係数アプローチに基づく部分係数であり、各部分係数フォーマットについては後述する。

なお、破壊確率および部分係数の算出には、竹信ら<sup>2)</sup>や佐藤ら<sup>3)</sup>の研究と同じ計算手法を用いるものとし、具体的にはモンテカルロシミュレーションを用いて行った。

以下、2章では上部斜面を有する防波堤の特徴と波力算定式を含む照査方法について、3章ではH19設計法による断面の安全性水準について、4章では目標とする破壊確率について、5章では目標破壊確率に基づき算出した部分係数について示す。

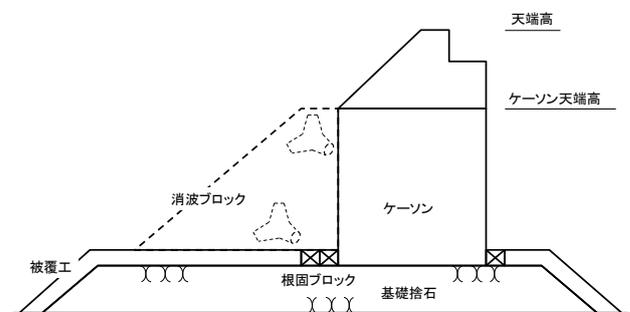


図-1.1 検討対象の概略断面図

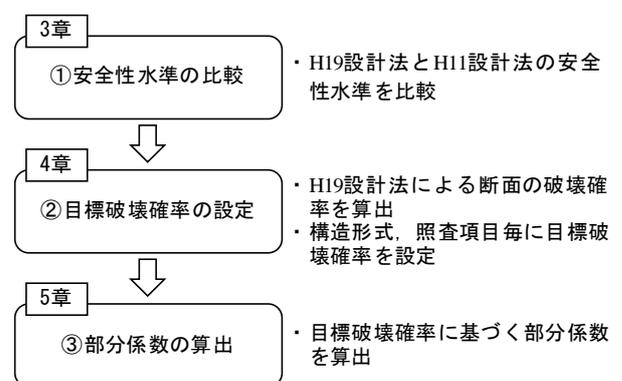


図-1.2 検討手順

## 2. 上部斜面を有する防波堤の変動波浪に対する照査方法

### 2.1 上部斜面を有する防波堤の特徴

上部斜面堤は、混成堤の上部を斜面とすることで（上部工に限らず、本土工の上部も含めて斜面とする場合もある）、水平波力を小さくすると同時に、斜面部に作用する波力のうち、耐力側に期待できる鉛直波力を堤体の安定性に利用する防波堤である。このように安定性に対する利点はあるが、その一方で、上部斜面堤の天端高を混成堤と同一天端高とした場合、波高伝達率（防波堤の前後における波高の比）は混成堤の2倍程度となり、混成堤と比較して大きくなる。このため、上部斜面堤の天端高は、朔望平均満潮位から有義波高程度の高さ（H.W.L. + 1.0H<sub>1/3</sub>）とすることで、混成堤の天端高が有義波高の0.6倍の場合（H.W.L. + 0.6H<sub>1/3</sub>）と同程度に波高伝達率を抑えることが可能である<sup>1)</sup>。

消波ブロック被覆上部斜面堤は、上部斜面堤の前面に消波ブロックを設置することによって、上部斜面堤の特徴に加え、堤体直立部に作用する水平波力を小さくすることで、堤体の耐波安定性の向上を図る防波堤である。また、消波ブロックの設置による消波効果により、波の反射率の低下を期待する防波堤である。

### 2.2 上部斜面を有する防波堤の変動波浪に対する照査方法

上部斜面堤等の変動波浪に対する照査方法は、基本的に混成堤等の照査方法と同じであるが、波力算定については斜面部による水平波力の低減と波力の鉛直成分を考慮することができるため、これらを考慮し性能照査を行うことになる。ここではまず、照査方法の概略を説明するために、安全率法（H11設計法）による上部斜面堤等の安定計算について述べ、部分係数を用いた照査方法（H19設計法）については2.4に示す。

安全率法による滑動および転倒に対する安定計算は、耐力の合計値Rと作用の合計値Sの比である安全率が許容値（許容安全率F<sub>s</sub>）以上であることを確認することにより行う。安全率法による安定計算は式(2.1)によって行い、滑動安定計算および転倒安定計算に用いる耐力Rおよび作用Sはそれぞれ式(2.2)、式(2.3)によって算定し、安定計算に用いる許容安全率は表-2.1に示す値である。また、作用および耐力の概念図を図-2.1に示す。

作用Sは混成堤と同じく水平波力によって求められ、耐力Rは混成堤と同じく摩擦係数、堤体重量、浮力、揚圧力に加えて、斜面部に作用する鉛直波力によって求められ

る。なお、上部斜面堤等の安定計算に用いる許容安全率は混成堤等の場合と同じである。

$$F_s \leq R / S \quad (2.1)$$

（滑動安定計算）

$$R = \mu \cdot (W - P_B - P_U + P_V)$$

$$S = P_H \quad (2.2)$$

（転倒安定計算）

$$R = W \cdot a_1 - P_B \cdot a_2 - P_U \cdot a_3 + P_V \cdot a_4$$

$$S = P_H \cdot a_5 \quad (2.3)$$

ここに、

$\mu$  : 摩擦係数

W : 堤体重量 (kN)

P<sub>B</sub> : 浮力 (kN)

P<sub>U</sub> : 揚圧力 (kN)

P<sub>V</sub> : 斜面部に作用する鉛直波力 (kN)

P<sub>H</sub> : 水平波力 (kN)

a<sub>1</sub>~a<sub>5</sub> : 各作用のアーム長 (m)

表-2.1 許容安全率<sup>4)</sup>

	滑動安定計算	転倒安定計算
波圧時	1.2 <sup>**</sup>	1.2

※模型実験によって堤体の安定性を確認した場合には、安全率が1.2を下回ってもよいが、1.0を下回ってはならない。

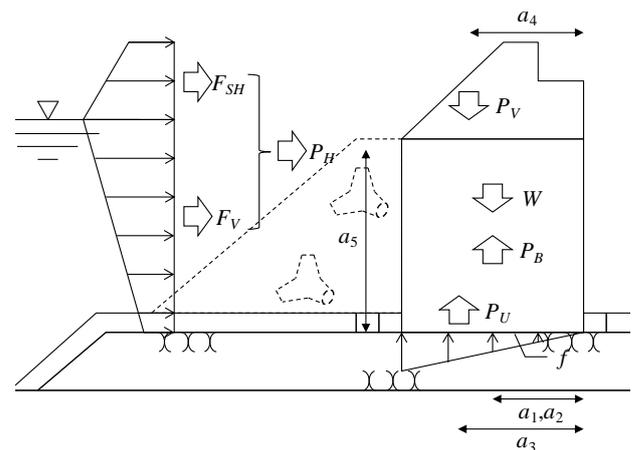


図-2.1 作用および耐力の概念図

2.3 上部斜面を有する防波堤の波力算定式

(1) 混成堤等に作用する波力

上部斜面堤等の性能照査に用いる波力は、混成堤等に作用する波力に補正係数を乗じることで得ることが出来る。そのため、ここではまず、混成堤等に作用する波力を示す。

混成堤等に作用する波力は一般に式(2.4)～式(2.10)に示す合田式<sup>9)</sup>が適用される。ここで、波力算定に用いる波高 $H_D$ は、H11設計法では特性値であることに対して、H19設計法では特性値に部分係数を乗じた設計用値である。部分係数については、2.4において詳述する。合田式の特徴は、重複波から砕波に至る波力を連続的に算定できることにあり、式(2.8)に示す $\alpha_1$ が重複波の特徴を、式(2.9)に示す $\alpha_2$ が砕波の特徴を表している。また、図-2.2に波圧分布の概略図を示す。

$$\eta^* = 0.75(1 + \cos\beta)\lambda_1 H_D \quad (2.4)$$

$$p_1 = 0.5(1 + \cos\beta)(\alpha_1\lambda_2 + \alpha_2\lambda_2\cos^2\beta)\rho_0 g H_D \quad (2.5)$$

$$p_2 = \frac{p_1}{\cosh(2\pi h/L)} \quad (2.6)$$

$$p_3 = \alpha_3 p_1 \quad (2.7)$$

ここに、

$\eta^*$  : 静水面上で波圧強度が0となる高さ (m)

$p_1$  : 静水面における波圧強度 (kN/m<sup>2</sup>)

$p_2$  : 海底面における波圧強度 (kN/m<sup>2</sup>)

$p_3$  : 直立壁底面における波圧強度 (kN/m<sup>2</sup>)

$\rho_0$  : 海水の密度 (1.03t/m<sup>3</sup>)

$g$  : 重力加速度 (9.81m/s<sup>2</sup>)

$\beta$  : 波の主方向から±15°の範囲内で最も危険な方向と直立壁の法線の垂線が成す角度 (°)

$\lambda_1, \lambda_2$  : 波圧の補正係数 (標準は1.0)

$h$  : 直立壁前面における水深 (m)

$L$  : 水深 $h$ における設計計算に用いる波長 (m)

$H_D$  : 計算に用いる波高 (m)

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ は次式によって表される数値

$$\alpha_1 = 0.6 + \frac{1}{2} \left\{ \frac{4\pi h/L}{\sinh(4\pi h/L)} \right\} \quad (2.8)$$

$$\alpha_2 = \min \left\{ \frac{h_b - d}{3h_b} \left( \frac{H_D}{d} \right)^2, \frac{2d}{H_D} \right\} \quad (2.9)$$

$$\alpha_3 = 1 - \frac{h'}{h} \left\{ 1 - \frac{1}{\cosh(2\pi h/L)} \right\} \quad (2.10)$$

$h_b$  : 直立壁の前面から沖側へ有義波高の5倍の距離の地点における水深 (m)

$d$  : マウンドの根固め工又は被覆工の天端のうち、いずれか浅い水深 (m)

$h'$  : 直立壁の底面の水深 (m)

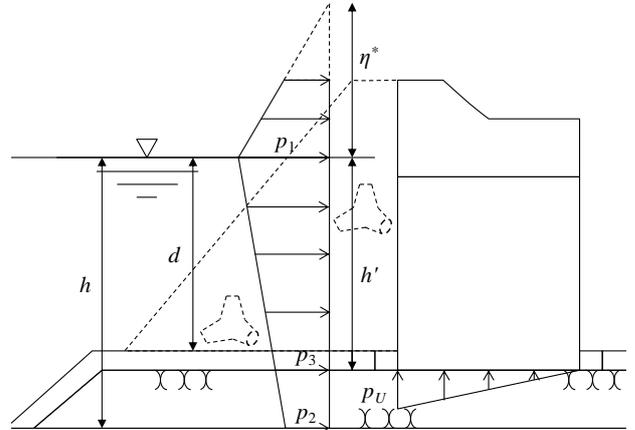


図-2.2 波圧分布の概略図<sup>1)</sup>

直立部底面に作用する揚圧力の合力は直立壁の前趾において式(2.11)で与えられる揚圧力 $P_u$ 、後趾において0となる三角形分布として算定できる。

$$p_u = 0.5(1 + \cos\beta)\alpha_1\alpha_3\lambda_3\rho_0 g H_D \quad (2.11)$$

ここに、

$p_u$  : 直立壁の底面に作用する揚圧力 (kN/m<sup>2</sup>)

$\lambda_3$  : 揚圧力の補正係数 ( $\lambda_3 = \lambda_1$ )

また、消波ブロックを被覆した場合の波圧は、波圧の補正係数 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ を式(2.12)により求めることで算定できる。

$$\lambda_1 = \begin{cases} 1.0 & (H_D/h \leq 0.3) \\ 1.2 - 2(H_D/h)/3 & (0.3 < H_D/h \leq 0.6) \\ 0.8 & (H_D/h > 0.6) \end{cases} \quad (2.12)$$

$$\lambda_2 = 0$$

$$\lambda_3 = \lambda_1$$

ここで、波の入射角 $\beta$  (図-2.3) が20°以内であって、かつ急勾配海底の場合または高マウンドの場合は衝撃砕波力が生じやすい。このような場合は、衝撃砕波係数 $\alpha_I$ を導入して波力を算定する。この係数は高橋ら<sup>9)</sup>によって提案されており、式(2.13)～式(2.19)より求め、合田式において $\alpha_2$ と $\alpha_I$ の大きい方を用いて波力を算定する。この $\alpha_I$ は、 $H_D/h$ が比較的大きい場合の滑动実験結果に基づいて定式化されており、 $H_D/h \geq 0.5$ の場合における直立壁

の滑動を検討するときに用いることができる。なお、 $H_D/h < 0.5$ の場合には、 $h=2H_D$ とすることにより求めることができる<sup>1)</sup>。

$$\alpha_I = \alpha_{I0}\alpha_{I1} \quad (2.13)$$

ここに、

$\alpha_{I0}$  : 波高の影響を表すパラメータ

$\alpha_{I1}$  : マウンド形状の影響を表すパラメータ

$\alpha_{I0}$ ,  $\alpha_{I1}$ は次式によって表される

$$\alpha_{I0} = \begin{cases} H_D/d & (H_D/d \leq 2) \\ 2 & (H_D/d > 2) \end{cases} \quad (2.14)$$

$$\alpha_{I1} = \begin{cases} \frac{\cosh \delta_2}{\cosh \delta_1} & (\delta_2 \leq 0) \\ \frac{1}{\cosh \delta_1 (\cosh \delta_2)^{1/2}} & (\delta_2 > 0) \end{cases} \quad (2.15)$$

$$\delta_1 = \begin{cases} 20\delta_{11} & (\delta_{11} \leq 0) \\ 15\delta_{11} & (\delta_{11} > 0) \end{cases} \quad (2.16)$$

$$\delta_2 = \begin{cases} 4.9\delta_{22} & (\delta_{22} \leq 0) \\ 3\delta_{22} & (\delta_{22} > 0) \end{cases} \quad (2.17)$$

$$\delta_{11} = 0.93 \left( \frac{B_M}{L} - 0.12 \right) + 0.36 \left( \frac{h-d}{h} - 0.6 \right) \quad (2.18)$$

$$\delta_{22} = -0.36 \left( \frac{B_M}{L} - 0.12 \right) + 0.93 \left( \frac{h-d}{h} - 0.6 \right) \quad (2.19)$$

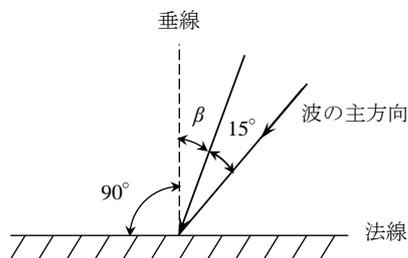


図-2.3 波の入射角 $\beta$ <sup>1)</sup>

## (2) 上部斜面堤に作用する波力

上部斜面堤に作用する波力は式(2.20)および式(2.21)に表される。このうち、上部斜面堤の斜面部に作用する

波力については、混成堤(直立壁)に作用する波力(水平力)が斜面平行方向と斜面鉛直方向に分解され、さらに斜面鉛直方向の波力は水平方向成分と鉛直方向成分に分解されることが森平ら<sup>7)</sup>によって提案された。これに、細山田ら<sup>8)</sup>は実験結果に基づいて波力補正係数 $\lambda_{SL}$ 'を導入し、式(2.22)～式(2.26)の波力算定式が提案された。一方、直立部に作用する波力についても、斜面部を有することで通常の直立壁に比べて低減する傾向があるため、波力補正係数 $\lambda_V$ を導入した式(2.27)が提案された。

ここで、式(2.26)に示すように、斜面部の波力補正係数 $\lambda_{SL}$ 'は波形勾配 $H/L$ と斜面部の角度 $\alpha$ の関数であり、斜面部の角度 $\alpha$ が $45^\circ$ で波形勾配 $H/L$ が小さい場合は補正係数が上限値2を取り(直立壁に作用する波力に等しくなる)、波形勾配 $H/L$ が大きい場合は下限値1を取る。また、直立部の波力補正係数 $\lambda_V$ については式(2.27)に示すように、上限値は1であるが、下迫ら<sup>9)</sup>の考察から、実験が最大でも波形勾配 $H_D/L$ が0.080程度までしか行われていないことを踏まえて、実用上、直立部の波力補正係数 $\lambda_V$ の下限値は0.75とすることが提案された。

図-2.4に上部斜面堤の波力の概念図を示す。

$$F_X = F_{SH} + F_V \quad (2.20)$$

$$F_Z = -F_{SV} + F_U \quad (2.21)$$

ここに、

$F_X$  : 上部斜面堤に作用する全水平波力 (kN/m)

$F_Z$  : 上部斜面堤に作用する全鉛直波力 (kN/m)

$F_{SH}$  : 斜面部に作用する波力の水平成分 (kN/m)

$F_{SV}$  : 斜面部に作用する波力の鉛直成分  
(上向きを正とする) (kN/m)

$F_V$  : 直立部に作用する波力 (kN/m)

$F_U$  : 底面に作用する揚圧力 (kN/m)

$$F_{SH} = \lambda_{SL}' F_1 \sin^2 \alpha \quad (2.22)$$

$$F_{SV} = \lambda_{SL}' F_1 \sin \alpha \cos \alpha \quad (2.23)$$

$$F_V = \lambda_V F_2 \quad (2.24)$$

$$F_U = 0.5 p_u B \quad (2.25)$$

ここに、

$F_1$  : 合田式で計算される直立壁に作用する水平波力のうち、斜面部に対応する部分 (kN/m)

$F_2$  : 合田式で計算される直立壁に作用する水平波力のうち、直立部に対応する部分 (kN/m)

$\lambda_{SL}'$  : 斜面部に作用する波力の補正係数

$$\lambda_{SL}' = \min [ \max \{ 1.0, -23(H/L) \tan^{-2} \alpha + 0.46 \tan^{-2} \alpha + \sin^{-2} \alpha \}, \sin^{-2} \alpha ] \quad (2.26)$$

$\lambda_{SL}'$  は、以下の3つの領域で定義される。

①  $H/L$  が比較的小さいとき

$$\lambda_{SL}' = \sin^2 \alpha,$$

すなわち、 $F_{SH} = F_1$ ,  $F_{SV} = F_1 \tan^2 \alpha$

②  $H/L$  が大きいとき

$$\lambda_{SL}' = 1.0,$$

すなわち、 $F_{SH} = F_1 \sin^2 \alpha$ ,  $F_{SV} = F_1 \sin \alpha \cos \alpha$

③  $H/L$  が①と②の間するとき

$H/L$  が大きくなるにつれて、 $\lambda_{SL}'$  は減少する。

$\lambda_V$  : 直立部に作用する波力の補正係数

$$\lambda_V = \min [ 1.0, \max \{ 1.1, 1.1 + 11d_c/L \} - 5.0(H/L) ] \quad (2.27)$$

$\alpha$  : 斜面部の角度 (°)

$p_u$  : 合田式で計算される揚圧力 (kN/m<sup>2</sup>)

$B$  : 堤体幅 (m)

$H$  : 波高 (m)

$L$  : 波長 (m)

$d_c$  : 静水面から斜面下端までの高さ (静水面より上にある場合を正とする) (m)

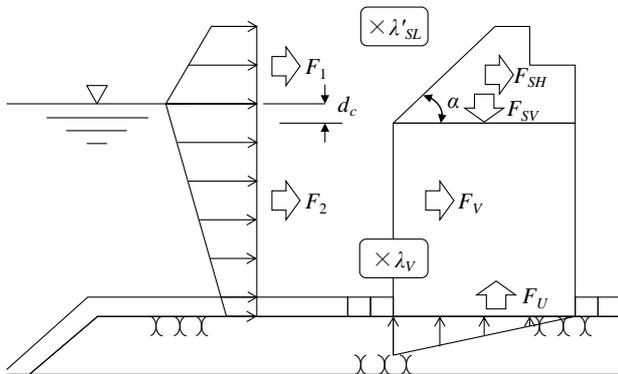


図-2.4 上部斜面堤の波力の概念図

(3) 消波ブロック被覆上部斜面堤に作用する波力

消波ブロック被覆上部斜面堤に作用する波力も上部斜面堤と同様に、上部斜面を有することで水平波力に加え、鉛直波力が作用し、式(2.20)および式(2.21)で表される。ただし、上部斜面堤と異なり、消波ブロック被覆上部斜面堤の波力は、佐藤ら<sup>10)</sup>によって提案された、式(2.28)～式(2.32)に示す波力算定式により求める。具体的には、斜面部に作用する波力は波高水深比 $H/h$ の関数である波力補正係数 $\lambda_{FS}$ を用いて算定する。上部斜面堤の斜面部の波力補正係数は波形勾配 $H/L$ と斜面部の角度 $\alpha$ の関数で

あるが、この消波ブロック被覆上部斜面堤の波力補正係数 $\lambda_{FS}$ は斜面角 $45^\circ$ の場合にしか適用できない。また、消波ブロックで被覆されている直立部の波力は通常の消波ブロック被覆堤と同様に、式(2.12)で示される波圧の補正係数 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ を用いて波力を算定する。

図-2.5に消波ブロック被覆上部斜面堤の波力の概念図を示す。

$$F_{SH} = \lambda_{FS} F_1 \sin^2 \alpha \quad (2.28)$$

$$F_{SV} = \lambda_{FS} F_1 \sin \alpha \cos \alpha \quad (2.29)$$

$$F_V = F_2 \quad (2.30)$$

$$F_U = 0.5 p_u B \quad (2.31)$$

ここに、

$F_1$  : 合田式で計算される直立壁に作用する水平波力のうち、斜面部に対応する部分 (kN/m)

$F_2$  : 合田式で計算される直立壁に作用する水平波力のうち、直立部に対応する部分 (kN/m)

$\lambda_{FS}$  : 斜面部に作用する波力の補正係数

$$\lambda_{FS} = \begin{cases} 2.0 & (H/h < 0.35) \\ -10H/3h + 19/6 & (0.35 \leq H/h \leq 0.65) \\ 1.0 & (H/h > 0.65) \end{cases} \quad (2.32)$$

$\alpha$  : 斜面部の角度 (°)

$p_u$  : 合田式で計算される揚圧力 (kN/m<sup>2</sup>)

$B$  : 堤体幅 (m)

$H$  : 波高 (m)

$h$  : 前面水深 (m)

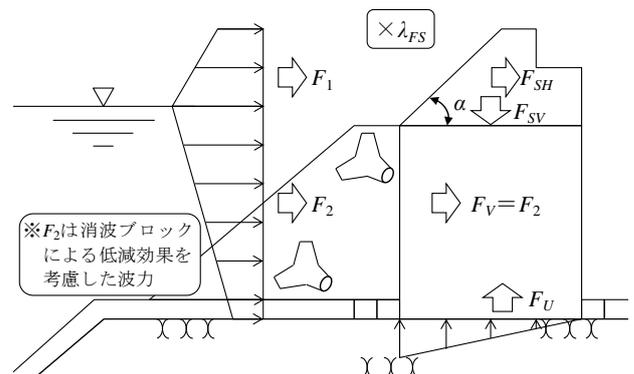


図-2.5 消波ブロック被覆上部斜面堤の波力の概念図

## 2.4 H19設計法における部分係数

H19設計法における上部斜面堤等の部分係数は、「過去の設計法に基づく平均的な安全性水準に基づく方法」によって目標とする安全性水準を設定し、この安全性水準に対する目標システム破壊確率を基に設定されている。この部分係数は摩擦係数、潮位、単位体積重量などの各設計因子に対する係数である。

部分係数を用いた性能照査は、特性値に部分係数を乗じて得られる設計用値を用いて耐力および作用の各合力を算出し、耐力の合計値 $R_d$ が作用の合計値 $S_d$ 以上であることを確認することにより行う。部分係数を用いた性能照査は式(2.33)によって行い、滑動照査および転倒照査に用いる耐力 $R_d$ および作用 $S_d$ はそれぞれ式(2.34)、式(2.35)によって算定する。なお、作用および耐力の各合力の概念図は図-2.1に示したとおりである。

$$R_d \geq S_d \quad (2.33)$$

(滑動照査)

$$R_d = f_d \cdot (W_d - P_{Bd} - P_{Ud} + P_{Vd})$$

$$S_d = P_{Hd} \quad (2.34)$$

(転倒照査)

$$R_d = W_d \cdot a_1 - P_{Bd} \cdot a_2 - P_{Ud} \cdot a_3 + P_{Vd} \cdot a_4$$

$$S_d = P_{Hd} \cdot a_5 \quad (2.35)$$

ここに、

- $f$  : 摩擦係数
- $W$  : 堤体重量 (kN)
- $P_B$  : 浮力 (kN)
- $P_U$  : 揚圧力 (kN)
- $P_V$  : 斜面部に作用する鉛直波力 (kN)
- $P_H$  : 水平波力 (kN)
- $a_1 \sim a_5$  : 各作用のアーム長 (m)

式(2.34)および式(2.35)は設計用値で与えられており、例えば、摩擦係数、揚圧力、水平波力の設計用値は式(2.36)に示すとおり、特性値に部分係数を乗じて算出する。式中の記号 $\gamma$ はその添字に関する部分係数であり、添字 $k$ および $d$ はそれぞれ特性値および設計用値を示す。

その他、堤体重量は堤体を構成する中詰材、鉄筋コンクリート、無筋コンクリートの各材料の単位体積重量に部分係数を乗じて得られる単位体積重量を用いて堤体重量の設計用値を算出する。また、浮力は潮位に部分係数を乗じて得られる潮位から浮力を算出する。

$$f_d = \gamma_f \times f_k$$

$$P_{Ud} = \gamma_{PU} \times P_{Uk}$$

$$P_{Hd} = \gamma_{PH} \times P_{Hk} \quad (2.36)$$

H19設計法では構造形式や照査項目に応じた破壊確率に対する部分係数が与えられている。上部斜面堤および消波ブロック被覆上部斜面堤の部分係数をそれぞれ表-2.2、表-2.3に示す。これらの部分係数は波浪に関する変動状態における滑動照査および転倒照査に用いる部分係数である。

なお、H19設計法では、上部斜面堤に作用する波力は、水理模型実験によって定めることが望ましいとあるが、水理模型実験によることが困難な場合には、細山田ら<sup>8)</sup>の算定式によることができるとしており、消波ブロック被覆上部斜面堤に作用する波力については佐藤ら<sup>10)</sup>の算定式によることができる。本検討では、先述した細山田ら<sup>8)</sup>の算定式または佐藤ら<sup>10)</sup>の算定式を用いた照査方法を対象として、破壊確率および部分係数等を算出した。

表-2.2 部分係数（上部斜面堤）<sup>1)</sup>

目標システム信頼性指標 $\beta_T$		2.16				
目標システム破壊確率 $P_{ff}$		$1.5 \times 10^{-2}$				
$\gamma$ の計算に用いる目標信頼性指標 $\beta_T$		2.24				
		$\gamma$	$\alpha$	$\mu/X_k$	$V$	
滑動	$\gamma_f$	摩擦係数	0.80	0.727	1.060	0.150
	$\gamma_{PH}$ , $\gamma_{Pu}$	水深変化 緩	1.05	-0.670	0.777	0.232
		水深変化 急	1.19		0.868	0.243
	$\gamma_{wl}$	$r_{wl}=1.5$	1.03	-0.058	1.000	0.200
		$r_{wl}=2.0, 2.5$	1.05		1.000	0.400
		H.H.W.L.	1.00		—	—
	$\gamma_{wRC}$	RCの単位体積重量	0.98	0.027	0.980	0.020
	$\gamma_{wNC}$	NCの単位体積重量	1.02	0.031	1.020	0.020
	$\gamma_{wSAND}$	中詰砂の単位体積重量	1.01	0.128	1.020	0.040
	転倒	$\gamma_{PH}$ , $\gamma_{Pu}$	水深変化 緩	1.17	-0.970	0.777
水深変化 急			1.33	0.868		0.243
$\gamma_{wl}$		$r_{wl}=1.5$	1.04	-0.096	1.000	0.200
		$r_{wl}=2.0, 2.5$	1.09		1.000	0.400
		H.H.W.L.	1.00		—	—
$\gamma_{wRC}$		RCの単位体積重量	0.98	0.045	0.980	0.020
$\gamma_{wNC}$		NCの単位体積重量	1.02	0.049	1.020	0.020
$\gamma_{wSAND}$		中詰砂の単位体積重量	1.00	0.214	1.020	0.040

※1  $\alpha$  : 感度係数,  $\mu/X_k$  : 平均値の偏り (平均値/特性値),  $V$  : 変動係数  
 ※2 RC : 鉄筋コンクリート, NC : 無筋コンクリート  
 ※3 水深変化 緩/急は, 海底勾配1/30 未満/以上  
 ※4  $r_{wl}$  は既往最高潮位 (H.H.W.L.) と朔望平均満潮位 (H.W.L.) の比

表-2.3 部分係数（消波ブロック被覆上部斜面堤）<sup>1)</sup>

目標システム信頼性指標 $\beta_T$		2.38				
目標システム破壊確率 $P_{ff}$		$8.7 \times 10^{-3}$				
$\gamma$ の計算に用いる目標信頼性指標 $\beta_T$		2.46				
		$\gamma$	$\alpha$	$\mu/X_k$	$V$	
滑動	$\gamma_f$	摩擦係数	0.74	0.812	1.060	0.150
	$\gamma_{PH}$ , $\gamma_{Pu}$	水深変化 緩	0.93	-0.566	0.737	0.187
		水深変化 急	1.04		0.813	0.201
	$\gamma_{wl}$	$r_{wl}=1.5$	1.03	-0.055	1.000	0.200
		$r_{wl}=2.0, 2.5$	1.05		1.000	0.400
		H.H.W.L.	1.00		—	—
	$\gamma_{wRC}$	RCの単位体積重量	0.98	0.025	0.980	0.020
	$\gamma_{wNC}$	NCの単位体積重量	1.02	0.031	1.020	0.020
	$\gamma_{wSAND}$	中詰砂の単位体積重量	1.01	0.124	1.020	0.040
	転倒	$\gamma_{PH}$ , $\gamma_{Pu}$	水深変化 緩	1.06	-0.957	0.737
水深変化 急			1.20	0.813		0.201
$\gamma_{wl}$		$r_{wl}=1.5$	1.06	-0.113	1.000	0.200
		$r_{wl}=2.0, 2.5$	1.11		1.000	0.400
		H.H.W.L.	1.00		—	—
$\gamma_{wRC}$		RCの単位体積重量	0.98	0.053	0.980	0.020
$\gamma_{wNC}$		NCの単位体積重量	1.02	0.058	1.020	0.020
$\gamma_{wSAND}$		中詰砂の単位体積重量	1.00	0.254	1.020	0.040

※1  $\alpha$  : 感度係数,  $\mu/X_k$  : 平均値の偏り (平均値/特性値),  $V$  : 変動係数  
 ※2 RC : 鉄筋コンクリート, NC : 無筋コンクリート  
 ※3 水深変化 緩/急は, 海底勾配1/30 未満/以上  
 ※4  $r_{wl}$  は既往最高潮位 (H.H.W.L.) と朔望平均満潮位 (H.W.L.) の比

### 3. 安全性水準の比較

#### 3.1 H19設計法における安全性水準の考え方

安全性水準の比較では、H19設計法による防波堤断面の安全性水準がH11設計法による防波堤断面の安全性水準から変化があったのか不明確であるため、H19設計法によって設計された防波堤断面が有する安全性水準を安全率や断面幅を指標として、H11設計法によって設計された防波堤断面との比較によって確認する。ここではまず、H19設計法における安全性水準の考え方について述べる。

H19設計法において、上部斜面堤の滑動照査および転倒照査に用いる部分係数は、「過去の設計法（H11設計法）の平均的な安全性水準に基づく方法」によって設定されており、消波ブロック被覆上部斜面堤の滑動照査および転倒照査に用いる部分係数は、混成堤等の安全性水準に合わせて設定されている。吉岡ら<sup>11)</sup>は混成堤等および上部斜面堤について、宮脇ら<sup>12)</sup>は消波ブロック被覆上部斜面堤について、安全率法で設計された各構造形式の防波堤のシステム信頼性指標を算出しており、これを表-3.1に示す。また、同表には参考として吉岡ら<sup>11)</sup>により算出された混成堤および消波ブロック被覆堤のシステム信頼性指標も併せて示す。

ここで、消波ブロック被覆上部斜面堤のシステム信頼性指標は算出された値を採用せず、混成堤等のシステム信頼性指標に合せている。これは、宮脇ら<sup>12)</sup>によって「消波ブロック被覆上部斜面堤の平均システム信頼性指標は2.63であるが、ここでは、一般的な防波堤形式であるケーソン式混成堤、消波ブロック被覆堤の平均システム信頼性指標2.38を目標値とする。」とされていることによる。また、混成堤と消波ブロック被覆堤については、吉岡ら<sup>11)</sup>によれば、「ケーソン式混成堤、消波ブロック被覆堤については、それぞれの平均信頼性指標が異なっているが、これは明瞭な意図のもとに設計された結果ではないと考えられるため、ここでは両者の平均値（2.38）を目標値とした」とある。これらのシステム信頼性指標の数値はH19設計法に示されている数値と同じである。

なお、信頼性指標は破壊確率と関連付けられる評価パラメータであり、ここに示したシステム信頼性指標は滑動、転倒、支持力の照査項目において、いずれかの一つでも性能照査を満足しない場合を破壊したと考え、その際の破壊確率によって得られた数値である。

表-3.1 システム信頼性指標

構造形式	平均システム 信頼性指標 $\beta_T$	(参考) システム破壊確率 $P_{FT}^{*2}$
上部斜面堤	2.16	0.015
消波ブロック被覆上部斜面堤	2.63 → 2.38 <sup>*1</sup>	0.0087
ケーソン式混成堤	2.38	2.11
消波ブロック被覆堤		2.64

※1. "→"は目標システム信頼性指標を変更していることを示す。

※2. 平均システム信頼性指標に対するシステム破壊確率を示す。

#### 3.2 検討条件

安全性水準の比較に用いた設計条件は、一般的な防波堤における設計条件が包含されるように設定した。具体的には、宮脇ら<sup>12)</sup>の研究に用いられた検討条件であり、全国広範囲より地域、設計条件に偏りがないように収集された混成堤の設計条件<sup>11)</sup>を基に設定された条件である。本検討においては、消波ブロックの有無の違いはあるが、上部斜面堤と消波ブロック被覆上部斜面堤の検討条件は同じとした。表-3.2に検討条件を示す。

表中の「地域」および「H.H.W.L./H.W.L.の比」は、長尾<sup>13)</sup>によって既往最高潮位（H.H.W.L.）と朔望平均満潮位（H.H.W.L.）の比について地域的にまとめられた結果に基づき設定された条件を示している（図-3.1）。また、斜面部の角度は一般的な上部斜面堤等で採用される角度と同様に45°とし、斜面部の平面形状は斜面下端高から一様な斜面とした。さらに、上部工を含む堤体重量は、佐藤ら<sup>3)</sup>の混成堤等の研究と同様に、堤体の単位体積重量を21.0kN/m<sup>3</sup>として算出することにした。

なお、H19設計法では、海底勾配が1/30未満を水深変化が緩い場合（以下、「海底勾配（緩）」という。）とし、海底勾配が1/30以上を水深変化が急な場合（以下、「海底勾配（急）」という。）とし、それぞれ部分係数を使い分けることになっている。これは、高山ら<sup>14)</sup>の研究により、地形変化が単純な場合と複雑な場合では、波浪変形計算精度が異なることが確認されており、このことを踏まえた結果である。本検討では、佐藤ら<sup>3)</sup>の混成堤等の研究と同様に、H19設計法において海底勾配の違いによって使い分けている部分係数を波浪変形計算精度の違いによるものとし、検討条件に示す海底勾配によらず、各検討条件に対して、2通りの統計的性質を考慮することにした。

表-3.2 検討条件<sup>11)</sup>

No.	設計波高 $H_D$ (m)	有義波高 $H_{1/3}$ (m)	周期 $T$ (s)	入射角 $\beta$ (°)	海底勾配	設計潮位 $wl$ (m)	地域	HHWL/ HWL の比	摩擦係数 $f$	前面水深 $h$ (m)	設置水深 $h'$ (m)	根固水深 $d$ (m)	マウンド 肩幅 $B_M$ (m)	天端高 $C_T$ (m)	斜面 下端高 $d_c$ (m)	斜面部の 角度 $\alpha$ (°)
1	13.4	7.5	13.5	15	0.0077	0.5	④	2.5	0.75	21	16	13.3	10.6	8	2.5	45
2	16.68	9.4	14	10.3	0.01	0.5	④	2.5	0.75	21.5	17	14.3	12.6	9.9	2.5	45
3	14.05	9.8	14	0	0.009	0.5	④	2.5	0.75	17.5	13.5	10.3	11.5	10.3	0.5	45
4	12.5	7.1	13.5	0	0.008	0.7	④	2.5	0.6	21	16	13.3	12.5	7.8	2.3	45
5	6.73	3.74	14	20	0.005	0.5	④	2.5	0.6	13	8.5	7.5	9	4.3	2.5	45
6	13.07	8.5	13.5	25	0.013	0.5	④	2.5	0.75	16	13	11.5	7	9	0.5	45
7	14.3	8	13	7	0.014	1.5	①	1.5	0.6	22	16.5	15	8	9.5	1.5	45
8	14.3	8	13	0	0.005	1.4	①	1.5	0.6	27.5	18.5	15	33	9.4	1.6	45
9	13.3	7.4	13	0	0.005	1.4	①	1.5	0.6	26.5	16.5	13.3	28	8.8	1.6	45
10	13.3	7.4	11	0	0.023	0.4	④	2.5	0.6	14.7	12.5	10.5	13.5	7.8	2.6	45
11	14.36	8	14	7	0.002	1.4	①	1.5	0.6	23.2	16.5	13	10	9.4	1.6	45
12	6.4	3.5	13	23	0.01	1.5	①	1.5	0.6	12.7	9.5	8	10	5	1.5	45
13	5.9	3.3	7	0	0.01	0.8	①	1.5	0.6	19.5	10.7	9.7	6.5	4.1	0.2	45
14	5.94	3.3	7	5.5	0.01	0.8	①	1.5	0.6	19.5	10.7	9.7	6.5	4.1	0.2	45
15	5.9	3.3	7	0	0.01	0.8	①	1.5	0.6	19.5	10.7	9.7	6.5	4.1	0.2	45
16	9.6	5.5	12	12	0.009	1.6	①	1.5	0.6	13.1	10.5	7.6	12	7.1	1.4	45
17	13	8.4	12.5	0	0.01	1.3	④	2.5	0.75	18.5	13	11.5	15.8	9.7	-0.3	45
18	13	8.4	13.5	0	0.02	3.5	②	2	0.6	13.5	10	8	15.5	11.9	-0.5	45
19	13.05	8.5	14	0	0.01	0.9	④	2.5	0.75	14.5	12	10.5	11	9.4	0.1	45
20	13.05	8.5	14	0	0.01	0.9	④	2.5	0.75	15.6	12	10.5	15.6	9.4	0.1	45
21	13.05	8.5	14	0	0.01	0.9	④	2.5	0.75	17	13	11.5	15.6	9.4	0.1	45
22	8.64	4.8	10.8	30	0.01	1.67	③	1.5	0.6	12	9	8	7.5	6.5	1.33	45
23	4.95	2.8	5.9	30	0.005	2.2	③	1.5	0.6	17.2	10	9	6.5	5	-1.2	45
24	4.1	2.3	7.5	43	0.004	2.1	①	1.5	0.6	12.6	9	7.5	11.1	4.4	-1.1	45
25	4.5	2.5	7.6	42	0.004	2.1	①	1.5	0.6	12.2	9	7.5	7	4.6	-1.1	45
26	6.6	3.7	14.8	0	0.01	3.1	③	1.5	0.6	13	9	8	8	6.8	-0.1	45
27	7.5	5.1	11.1	38	0.01	1.3	①	1.5	0.6	8.6	6.5	5.3	5	6.4	-0.3	45
28	12.7	7.7	13	0	0.003	1.5	①	1.5	0.6	17	14	12.6	9.6	9.2	1.5	45
29	5.3	2.9	11	43	0.02	0.4	④	2.5	0.6	6.6	5	4	9.4	3.3	0.6	45
30	10.5	5.8	11	15	0.01	0.4	④	2.5	0.6	18.7	13.5	12.3	13.65	6.2	2.6	45
31	10.6	6	15	0	0.01	1.5	①	1.5	0.6	14.1	10	8.8	13.2	7.5	1.5	45
32	10.8	6	8.7	25	0.0091	0.9	④	2.5	0.6	18.4	13	11.5	10.1	6.9	0.1	45
33	12	6	11.3	7	0.0167	0.9	④	2.5	0.75	18.5	12	9.6	9.6	6.9	2.1	45
34	5.4	3	7.3	0	0.01	0.8	④	2.5	0.6	19	11	10	6	3.8	0.2	45
35	10.08	5.78	13	40	0.0346	1.42	①	1.5	0.75	12.1	9	7.5	10	7.2	-0.42	45
36	8.02	4.71	13	59	0.0033	1.33	①	1.5	0.6	10	7.5	6	8	6.1	-0.33	45
37	8.02	4.71	13	59	0.0033	1.33	①	1.5	0.6	10	7.5	6	8	6.1	-0.33	45
38	4.21	2.34	4.7	14	0.01	4.05	③	1.5	0.6	15	7	6	7	6.4	-3.05	45
39	9.1	5.5	14	22	0.01	3.1	③	1.5	0.6	10	7	5.6	10	8.6	-2.1	45
40	16.9	9.9	15.1	44.5	0.005	3.2	③	1.5	0.75	20	13	12	12	13.1	-2.2	45
41	18.1	10.3	15.4	0	0.025	3.2	③	1.5	0.75	35	15	13.3	13	13.5	-0.2	45

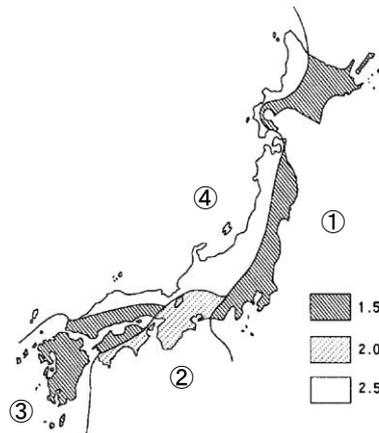


図-3.1 地域の分割およびH.H.W.L./H.W.L.の比の分布<sup>13)</sup>

### 3.3 実質安全率による安全性水準の比較

#### (1) H19設計法による断面の安全性水準

H19設計法による断面の安全性水準は実質安全率 $F_s$ を指標に整理する。ここで、実質安全率とは、H19設計法による必要な断面において、部分係数を乗じた設計用値での耐力作用比ではなく、式(3.1)で示される特性値を用いて算出される耐力と作用の比を指す。H11設計法では滑動安定計算および転倒安定計算に用いる許容安全率は1.2であり、これとH19設計法における滑動照査および転倒照査による実質安全率を比較した。なお、H19設計法では、海底勾配(緩)と海底勾配(急)の波力の部分係数は異なることから、海底勾配(緩)と海底勾配(急)のそれぞれに対して比較を行った。表-3.3にH19設計法による各断面の実質安全率の平均を示す。

以下、上部斜面堤および消波ブロック被覆上部斜面堤のそれぞれの構造形式における実質安全率の比較結果について述べる。

$$F_s = R / S \quad (3.1)$$

ここに、

$R$  : 特性値を用いて算出される耐力 (kN)

$S$  : 特性値を用いて算出される作用 (kN)

表-3.3 H19設計法による断面の実質安全率

構造形式	海底勾配	実質安全率	
		滑動	転倒
上部斜面堤	緩	1.33	1.20
	急	1.53	1.39
消波ブロック被覆上部斜面堤	緩	1.27	1.08
	急	1.42	1.23

#### a) 上部斜面堤

図-3.2および図-3.3に、上部斜面堤における滑動照査および転倒照査による断面の実質安全率を示す。この結果より、一部のケースを除けば、各断面の実質安全率は概ね一定であり、各照査における平均値は海底勾配(緩)の滑動照査で1.33、海底勾配(緩)の転倒照査で1.20、海底勾配(急)の滑動照査で1.53、海底勾配(急)の滑動照査で1.39であった。一部のケースにおいて、実質安全率が大きい要因については後述する。

上部斜面堤では、滑動照査および転倒照査いずれもH11設計法と比較してH19設計法の実質安全率が大きい。海底勾配(緩)と海底勾配(急)の実質安全率を比較すると、海底勾配(急)の方が大きい。

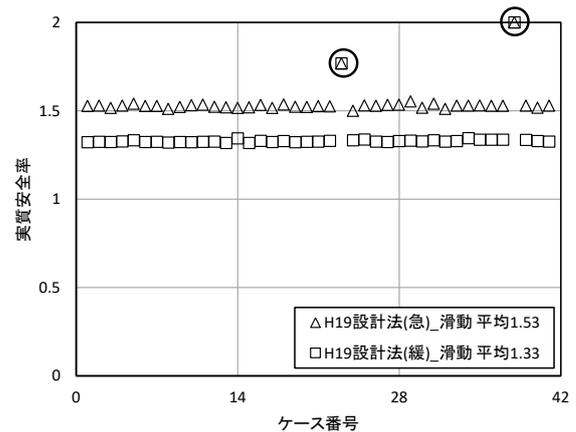


図-3.2 滑動実質安全率 (上部斜面堤)

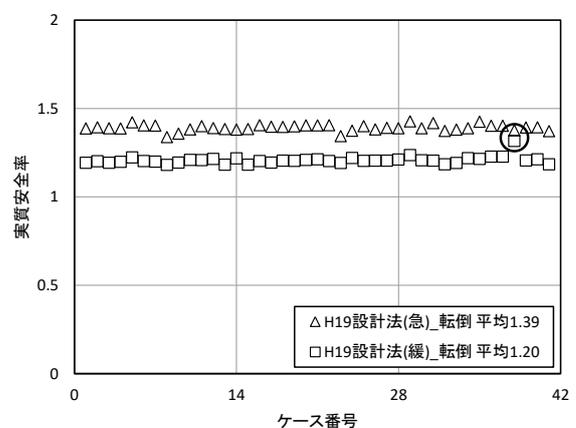


図-3.3 転倒実質安全率 (上部斜面堤)

#### b) 消波ブロック被覆上部斜面堤

図-3.4および図-3.5に消波ブロック被覆上部斜面堤における滑動照査および転倒照査による断面の実質安全率を示す。この結果より、一部のケースを除けば、各断面の実質安全率は概ね一定であり、各照査における平均値は海底勾配(緩)の滑動照査で1.27、海底勾配(緩)の転倒照査で1.08、海底勾配(急)の滑動照査で1.42、海底勾配(急)の滑動照査で1.23であった。一部のケースにおいて、実質安全率が大きい要因については後述する。

消波ブロック被覆上部斜面堤では、H11設計法と比較して、滑動照査においてH19設計法の実質安全率は同程度であるが、転倒照査においては小さい。海底勾配(緩)と海底勾配(急)の実質安全率を比較すると、海底勾配(急)の方が大きい。H19設計法の実質安全率が転倒照査において小さい要因は、H19設計法の部分係数を設定する際に、平均システム信頼性指標 $\beta_r$ を混成堤等に合せ(2.63→2.38)、安全性水準を下げたことによるものと想定される。

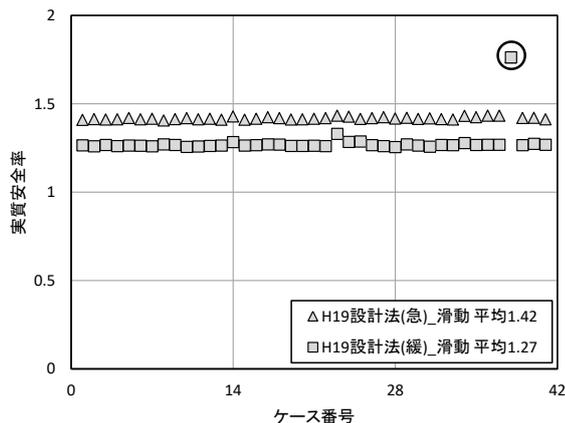


図-3.4 滑動実質安全率（消波ブロック被覆上部斜面堤）

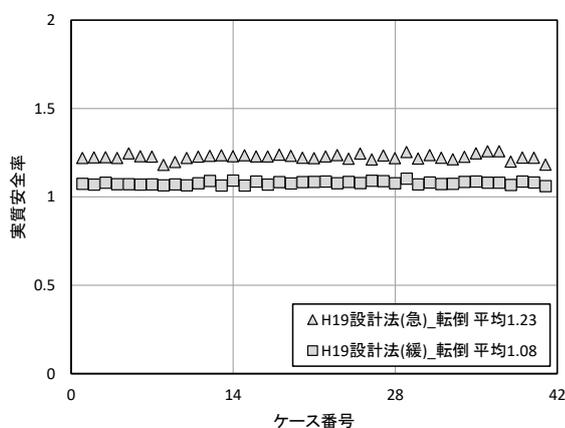


図-3.5 転倒実質安全率（消波ブロック被覆上部斜面堤）

また、上部斜面堤および消波ブロック被覆上部斜面堤に共通して、図中の丸印（○）で示したケースは他のケースと比較して実質安全率が高い。これは、天端高によって断面幅に制約が生じるケースであり、設定した天端高を確保するために、断面幅がある値以下とならないことによるものである（図-3.6）。本検討では、上部斜面堤等の天端高を混成堤等の波高伝達率と同程度となるように、 $H.W.L.+1.0 \times H_{1/3}$ に設定していることから、このような断面幅の制約が生じる。これは、一般的に斜面部の角度 $\alpha$ が $45^\circ$ （斜面高：斜面幅=1：1）であることから、斜面幅は斜面下端から天端高までの高さと同じ距離（幅）が必要となり、断面幅としてはこの斜面幅が最低限必要となることを意味している。これらのケースは作用の大きさと異なる要因で断面幅が決定されるため、本章以降の検討では除外する。

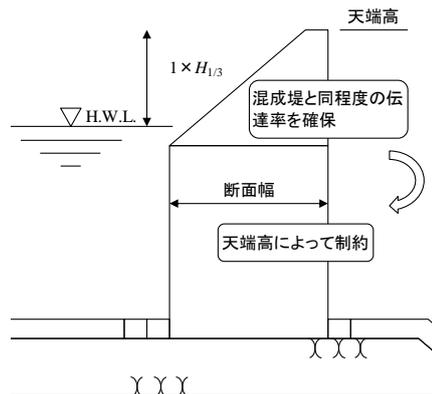


図-3.6 天端高による断面幅の制約に関する概念図

(2) H19設計法とH11設計法との断面幅の対比

上述では実質安全率を指標にH19設計法による断面の安全性水準を整理したが、ここでは、H19設計法とH11設計法によって得られた最小断面幅を比較する。照査項目は変動波浪に対する滑動照査および転倒照査であり、H19設計法による性能照査では海底勾配（緩）および海底勾配（急）のそれぞれ場合に対して行った。表-3.4にH19設計法とH11設計法によって得られた最小断面幅の比の平均を示す。また、表-3.5にH19設計法によって得られた最小断面幅を示す。

以下、上部斜面堤および消波ブロック被覆上部斜面堤のそれぞれの構造形式における最小断面幅の比較結果について述べる。

表-3.4 H19設計法とH11設計法による断面幅の比（平均）

構造形式	海底勾配	断面幅の比(H19設計法/H11設計法)		
		滑動照査	転倒照査	決定断面
上部斜面堤	緩	1.11	1.00	1.05
	急	1.29	1.07	1.20
消波ブロック被覆上部斜面堤	緩	0.96	0.91	0.92
	急	1.09	0.97	1.02

a) 上部斜面堤

各照査項目における断面幅の比について、H19設計法とH11設計法を比較すると、海底勾配（緩）の滑動照査では断面幅が平均11%大きくなり、海底勾配（急）の滑動照査では断面幅が平均29%大きくなる。また、海底勾配（緩）の転倒照査では断面幅は同程度であり、海底勾配（急）の転倒照査では断面幅が平均7%大きくなる。

さらに、決定断面幅の比について、H19設計法とH11設計法を比較すると、海底勾配（緩）では断面幅はほぼ同程度（平均5%の違い）であり、海底勾配（急）では断

面幅が平均20%大きくなる。

なお、本検討における決定断面幅とは滑動照査または転倒照査において必要となる断面幅（それぞれを滑動断面幅、転倒断面幅とする。）のうち、大きい方の断面幅のことをいい、実際の設計では、支持力照査やその他の条件によって断面幅が決定される場合もあることに注意されたい。

b) 消波ブロック被覆上部斜面堤

各照査項目における断面幅の比について、H19設計法とH11設計法を比較すると、海底勾配（緩）の滑動照査

では断面幅が平均4%小さくなり、海底勾配（急）の滑動照査では断面幅が平均9%大きくなる。また、海底勾配（緩）の転倒照査では断面幅が平均9%小さくなり、海底勾配（急）の転倒照査では断面幅が平均3%小さくなる。

さらに、決定断面幅の比について、H19設計法とH11設計法を比較すると、海底勾配（緩）では断面幅が平均8%小さくなり、海底勾配（急）では断面幅は同程度（平均2%の違い）である。

表-3.5 断面幅

No.	断面幅（上部斜面堤）（m）				断面幅（消波ブロック被覆上部斜面堤）（m）			
	海底勾配（緩）		海底勾配（急）		海底勾配（緩）		海底勾配（急）	
	滑動	転倒	滑動	転倒	滑動	転倒	滑動	転倒
1	13.30	14.20	16.40	15.40	10.90	12.90	12.90	13.80
2	17.20	17.00	20.80	18.40	13.80	15.10	16.20	16.20
3	14.00	14.90	15.90	16.00	11.40	13.20	12.60	14.00
4	16.50	13.80	19.70	14.90	14.40	12.80	16.70	13.70
5	11.20	8.60	13.10	9.30	8.70	7.40	9.90	8.00
6	11.70	13.10	13.40	14.10	10.00	11.70	11.10	12.50
7	17.80	15.20	20.90	16.50	14.50	13.50	16.60	14.50
8	23.80	17.70	27.90	18.90	17.40	15.90	19.90	16.80
9	24.20	17.20	28.20	18.40	15.80	14.40	18.00	15.30
10	15.80	12.90	18.60	13.80	13.00	11.40	14.90	12.20
11	20.40	16.20	24.00	17.50	15.50	14.00	17.70	15.00
12	9.30	8.60	10.70	9.20	8.00	7.80	9.00	8.30
13	4.70	6.20	5.40	6.70	5.10	6.40	5.70	6.90
14	4.80	6.30	5.40	6.70	5.20	6.50	5.80	6.90
15	4.70	6.20	5.40	6.70	5.10	6.40	5.70	6.90
16	13.30	10.80	15.60	11.70	10.20	9.40	11.60	10.00
17	11.20	13.10	12.70	14.10	9.90	11.90	11.00	12.70
18	16.70	13.90	19.80	14.90	13.90	12.60	15.90	13.40
19	12.60	13.50	14.40	14.50	10.80	12.10	12.00	12.90
20	12.80	13.60	14.60	14.60	10.70	12.10	11.90	12.80
21	12.60	13.80	14.40	14.80	10.60	12.30	11.80	13.00
22	9.20	8.60	11.00	9.30	8.10	8.00	9.50	8.50
23	4.00	5.10	4.00	5.40	4.00	5.70	4.30	6.10
24	3.30	5.00	3.70	5.30	3.60	5.10	4.00	5.40
25	3.60	5.20	4.10	5.60	4.00	5.40	4.40	5.80
26	10.90	9.50	12.90	10.20	10.10	9.00	11.60	9.50
27	7.70	7.40	8.80	7.90	6.90	6.80	7.70	7.20
28	16.10	13.50	19.30	14.50	13.60	12.20	15.90	13.00
29	6.70	5.50	7.80	5.90	5.20	4.70	5.80	5.00
30	11.30	10.70	13.40	11.50	10.70	10.20	12.40	10.90
31	15.50	11.90	18.00	12.90	12.00	10.30	13.60	11.00
32	8.40	9.60	9.50	10.30	8.10	9.30	9.00	9.90
33	12.90	12.30	15.40	13.30	9.30	10.70	10.80	11.40
34	4.50	6.10	5.10	6.50	4.90	6.30	5.50	6.70
35	9.30	10.00	10.60	10.80	7.60	8.80	8.50	9.40
36	8.00	7.60	9.10	8.10	6.50	6.60	7.30	7.10
37	8.00	7.60	9.10	8.10	6.50	6.60	7.30	7.10
38	4.90	4.90	4.90	5.00	4.90	5.30	4.90	5.60
39	11.70	10.10	13.30	10.80	9.80	9.00	10.90	9.50
40	12.90	15.20	14.50	16.20	11.90	14.00	13.10	14.80
41	23.40	19.40	28.50	21.00	18.00	18.00	21.40	19.10

## 4. 目標破壊確率の設定

### 4.1 破壊確率の概要

部分係数の算出にあたっては、目標となる破壊確率(目標破壊確率)を設定する必要がある。本検討では、目標破壊確率をH19設計法による断面が有する安全性水準から設定する。目標破壊確率は後述するように、構造形式別(上部斜面堤、消波ブロック被覆上部斜面堤)、破壊モード別(滑動、転倒)に異なるため、各々設定することにした。

破壊確率および部分係数の算出にあたっては、竹信ら<sup>2)</sup>の研究と同様にモンテカルロシミュレーション(以下、「MCS」という。)を用いる。MCSを用いた破壊確率および部分係数の算出方法を図-4.1に基づき、概説すると以下である。

まず、各設計因子に対して統計的性質を設定し、統計的性質に基づき乱数を発生させ、多数の標本値を得る。この多数の標本値を用いて、性能照査を行い、作用が耐力を上回れば破壊(性能関数 $Z < 0$ )と判定し、破壊の回数を求める。乱数の発生回数はMCSの全試行回数であり、破壊回数(図中の破壊領域にある点数)をこの全試行回数で除することで、破壊確率が求められる。本検討における試行回数については付録Aに示す。

次に、ある特定の断面が保有する破壊確率を目標破壊確率に合わせる。目標破壊確率に合わせるためには、性能関数 $Z=0$ である破壊線によって破壊と判定される点数の割合が目標破壊確率に合うように、この破壊線を平行移動させればよい。

最後に、部分係数は破壊領域における最尤点である設計値(図中の○)と特性値(図中の×)の比を取ることによって得られる。なお、最尤点とは性能関数を構成する全ての確率変数の確率密度の積が最大となる、最も出現確率が高い点である。

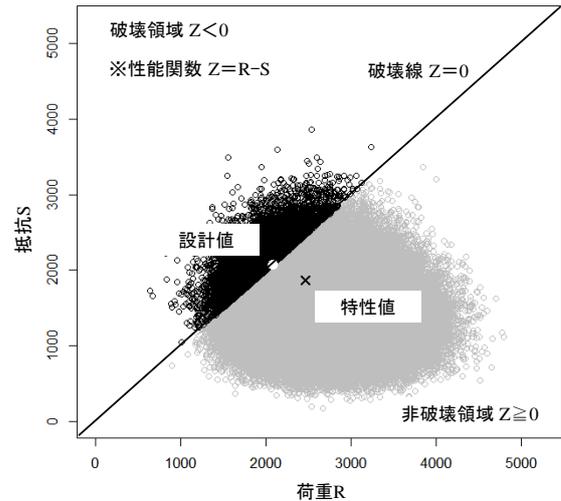


図-4.1 MCS結果の一例

### 4.2 H19設計法による断面の破壊確率

#### (1) 検討対象および検討条件

検討対象は上部斜面堤および消波ブロック被覆上部斜面堤であり、変動波浪に対する滑動照査および転倒照査とする。検討条件は3章に示した条件であり(表-3.2)、この検討条件の下でH19設計法によって得られる最小断面幅をケース毎に算定し、この最小断面幅に対して破壊確率を算出する。最小断面幅は3章で算定しており、その結果は表-3.5のとおりである。

上部斜面堤等の滑動照査および転倒照査における性能関数をそれぞれ式(4.1)、式(4.2)に示す。図-4.2には上部斜面堤等における作用および耐力の概念図を示す。同図中において、水平波力 $P_H$ 、斜面部に作用する鉛直波力 $P_V$ 、揚圧力 $P_U$ は完全相関する設計因子である。

また、設計因子の統計的性質は表-4.1に示す。設計因子の統計的性質のうち、摩擦係数、堤体単位体積重量、潮位、設計波高については佐藤ら<sup>3)</sup>の研究によって、上部斜面堤の波力算定式については吉岡ら<sup>11)</sup>の研究によって、消波ブロック被覆上部斜面堤の波力算定式については宮脇ら<sup>12)</sup>の研究によって設定されている。また、これらの設計因子はすべて正規分布に従うものと仮定し、設定されている。波力算定式の統計的性質については付録Bに詳細を示す。

表-4.1 設計因子の統計的性質<sup>3)11)12)</sup>

設計因子	平均値 の偏り	変動 係数
摩擦係数	1.06	0.15
堤体単位体積重量	1.01	0.03
潮位	$r_{w1}=1.5$	1.00
	$r_{w1}=2.0, 2.5$	1.00
H.H.W.L	1.00	0.00
設計波高	水深変化 緩	0.84
	水深変化 急	0.92
波力算定式	上部斜面堤	0.96
	消波ブロック被覆上部斜面堤	0.89

(滑動照査)

$$Z = R - S$$

$$= \{f \cdot (W - P_B - P_U + P_V)\} - \{P_H\} \quad (4.1)$$

(転倒照査)

$$Z = R - S$$

$$= \{W \cdot a_1 - P_B \cdot a_2 - P_U \cdot a_3 + P_V \cdot a_4\} - \{P_H \cdot a_5\} \quad (4.2)$$

ここに、

- $f$  : 摩擦係数
- $W$  : 堤体重量 (kN)
- $P_B$  : 浮力 (kN)
- $P_U$  : 揚圧力 (kN)
- $P_V$  : 斜面部に作用する鉛直波力 (kN)
- $P_H$  : 水平波力 (kN)
- $a_1 \sim a_5$  : 各作用のアーム長 (m)

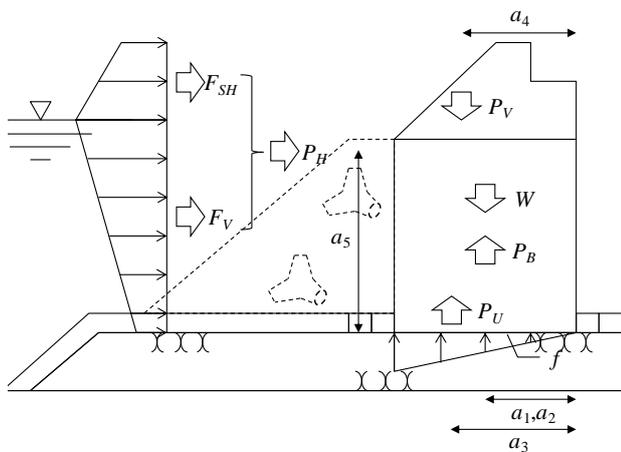


図-4.2 作用および耐力の概念図

(2) 検討結果

検討条件および設計因子の統計的性質に基づき、各断面の破壊確率 $Pf$ を算出した。以下、上部斜面堤および消波ブロック被覆上部斜面堤のそれぞれの構造形式における破壊確率の算出結果について述べる。

a) 上部斜面堤

図-4.3および図-4.4に上部斜面堤の滑動照査および転倒照査による各断面における破壊確率を示す。この結果より、滑動照査および転倒照査による各断面における破壊確率は概ね同じであった。滑動照査による各断面における破壊確率の平均は海底勾配(緩)の場合で0.018、海底勾配(急)の場合で0.0194であり、海底勾配(緩)と海底勾配(急)の破壊確率には大きな差はなかった。また、転倒照査による各断面における破壊確率の平均は海底勾配(緩)の場合で0.0265、海底勾配(急)の場合で0.0286であり、海底勾配(緩)と海底勾配(急)の破壊確率には大きな差はなかった。これは、H19設計法では海底勾配(緩)の場合と海底勾配(急)の場合のいずれも同じ目標破壊確率によって部分係数が設定されているためである。

一方、滑動照査および転倒照査はそれぞれ異なる破壊モードであることから、各々の破壊確率の平均は異なる結果であった。

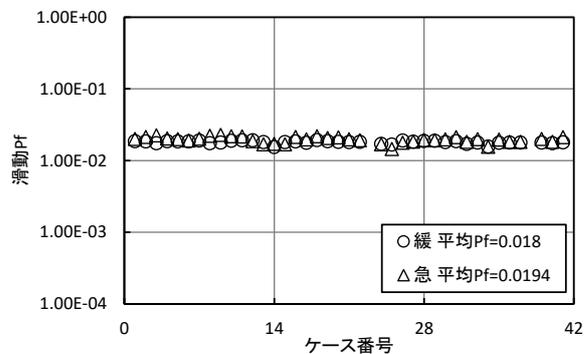


図-4.3 滑動破壊確率(上部斜面堤)

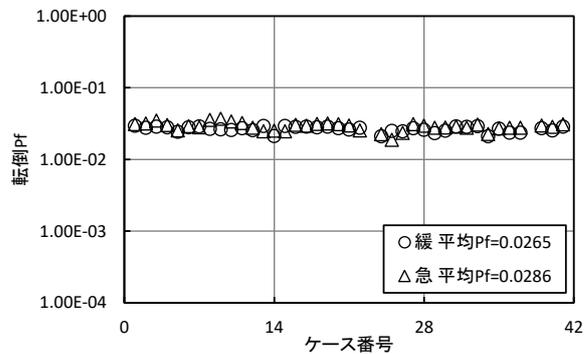


図-4.4 転倒破壊確率(上部斜面堤)

b) 消波ブロック被覆上部斜面堤

図-4.5および図-4.6に消波ブロック被覆上部斜面堤の滑動照査および転倒照査による各断面における破壊確率を示す。この結果より、各断面における破壊確率は概ね同じであった。滑動照査による各断面の破壊確率の平均は海底勾配（緩）の場合で0.0073、海底勾配（急）の場合で0.0079であり、海底勾配（緩）と海底勾配（急）の破壊確率には大きな差はなかった。また、転倒照査による各断面における破壊確率の平均は海底勾配（緩）の場合で0.0127、海底勾配（急）の場合で0.0137であり、海底勾配（緩）と海底勾配（急）の破壊確率には大きな差はなかった。これも、H19設計法では海底勾配（緩）の場合と海底勾配（急）の場合のいずれも同じ目標破壊確率によって部分係数が設定されているためである。

一方、滑動照査および転倒照査はそれぞれ異なる破壊モードであることから、各々の破壊確率の平均は異なる結果であった。

なお、3章で述べたとおり、ケース23およびケース38については断面幅の制約があるケースであるため、除外している。

4.3 目標破壊確率の設定

目標破壊確率は各断面の破壊確率の算出結果より、海底勾配（緩）と海底勾配（急）の破壊確率がほぼ同じであるため、海底勾配（緩）と海底勾配（急）の破壊確率の平均に設定した。この破壊確率は、H19設計法によって設計された断面が有する平均的な破壊確率である。ただし、構造形式（上部斜面堤、消波ブロック被覆上部斜面堤）や破壊モード（滑動、転倒）によって破壊確率は異なるため、構造形式別、破壊モード別に目標破壊確率を設定した。表-4.2に設定した目標破壊確率を示す。なお、同表の破壊確率は各断面の平均値を示している。

表-4.2 目標破壊確率

構造形式	破壊モード	海底勾配	破壊確率(平均)	目標破壊確率
上部斜面堤	滑動	緩	0.0180	0.019
		急	0.0194	
	転倒	緩	0.0265	0.028
		急	0.0286	
消波ブロック被覆上部斜面堤	滑動	緩	0.0073	0.008
		急	0.0079	
	転倒	緩	0.0127	0.013
		急	0.0137	

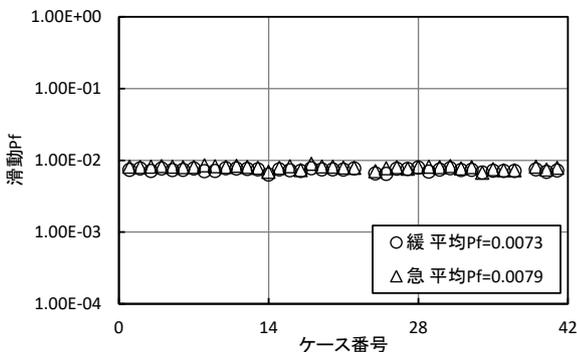


図-4.5 滑動破壊確率（消波ブロック被覆上部斜面堤）

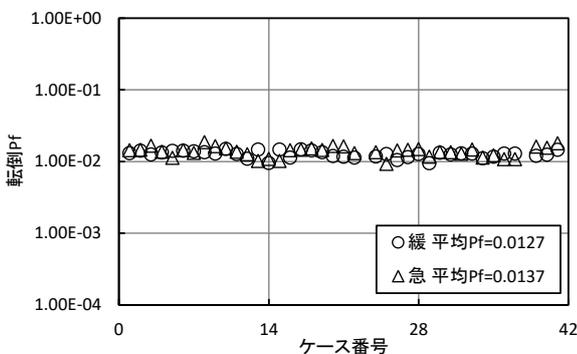


図-4.6 転倒破壊確率（消波ブロック被覆上部斜面堤）

H19設計法に基づく上部斜面堤の平均的な破壊確率は、他の防波堤の構造形式に比べて大きい（表-3.1）。仮に上部斜面堤の目標破壊確率を他の構造形式の破壊確率に合致させる場合、上部斜面堤はH19設計法より広い断面幅が要求されることになり、上部斜面堤のみコストアップとなる。しかし、既往の上部斜面堤のみが著しく被災事例が多いという報告はなく、他の構造形式と比較して上部斜面堤のみが安全性水準が低いとは判断できない。これらを踏まえ、混成堤と上部斜面堤の目標破壊確率を揃えるという判断は行わず、H19設計法で設計された断面と平均的に同等となるような破壊確率を目標破壊確率として設定することにした。

また、本検討において、部分係数の算出に用いる各破壊モードの目標破壊確率は、H19設計法による耐力作用比がほぼ1.0になる断面を作成し、その断面が有する破壊確率の平均値を採用することにした。この手法は、過去の設計法に基づく安全性水準と平均的に同等になるように目標破壊確率を設定する手法であり、この考え方は信頼性設計法に関する文献<sup>15)</sup>等にも示されており、コードキャリブレーションを実施する際の一般的な手法である。ただし、ここで設定した目標破壊確率は、破壊の生じる危険性の限界値そのものを示すものではないことに留意が必要である。

## 5. 部分係数の算出

### 5.1 部分係数フォーマット

本検討で設定する部分係数フォーマットは、佐藤ら<sup>3)</sup>の混成堤等の研究において提案された、荷重抵抗係数アプローチAおよび荷重抵抗係数アプローチBの2種類のフォーマットとする。次節では、これらの部分係数フォーマットに対応した部分係数を算出する。なお、参考として、材料係数アプローチに基づく部分係数についても算出しており、その算出結果を付録Cに示す。

以下に各部分係数フォーマットの概要と照査式(式(5.1)、式(5.2))を示し、表-5.1に部分係数フォーマットの一覧を示す。また、図-5.1には上部斜面堤等における作用および耐力の概念図を再掲する。

#### ① 荷重抵抗係数アプローチA

荷重抵抗係数アプローチAは防波堤の全体安定性に関する性能照査において、作用側の合計値を荷重項、耐力側の合計値を抵抗項とし、この荷重項と抵抗項に対して部分係数を乗じるフォーマットである。

$$R_d \geq S_d$$

(滑動照査)

$$R_d = \gamma_R \cdot \{f \cdot (W - P_B - P_U + P_V)\}$$

$$S_d = \gamma_S \cdot P_H$$

(転倒照査)

$$R_d = \gamma_R \cdot \{W \cdot a_1 - P_B \cdot a_2 - P_U \cdot a_3 + P_V \cdot a_4\}$$

$$S_d = \gamma_S \cdot P_H \cdot a_5 \quad (5.1)$$

#### ② 荷重抵抗係数アプローチB

荷重抵抗係数アプローチBは防波堤の全体安定性に関する性能照査において、作用側、耐力側の代表的な合力に対して部分係数を乗じるフォーマットである。

$$R_d \geq S_d$$

(滑動照査)

$$R_d = \gamma_f \cdot f \cdot (\gamma_W \cdot W - \gamma_{PB} \cdot P_B - \gamma_{PU} \cdot P_U + \gamma_{PV} \cdot P_V)$$

$$S_d = \gamma_{PH} \cdot P_H$$

(転倒照査)

$$R_d = \gamma_W \cdot W \cdot a_1 - \gamma_{PB} \cdot P_B \cdot a_2 - \gamma_{PU} \cdot P_U \cdot a_3 + \gamma_{PV} \cdot P_V \cdot a_4$$

$$S_d = \gamma_{PH} \cdot P_H \cdot a_5 \quad (5.2)$$

ここで、式(5.1)、式(5.2)中の $\gamma$ は、その添字の部分係数を示す。

表-5.1 部分係数フォーマット

分類	設計因子	記号	部分係数
荷重抵抗係数アプローチA	荷重	$S$	$\gamma_S$
	抵抗	$R$	$\gamma_R$
荷重抵抗係数アプローチB	摩擦係数	$f$	$\gamma_f$
	堤体の重量	$W$	$\gamma_W$
	浮力	$P_B$	$\gamma_{PB}$
	揚圧力	$P_U$	$\gamma_{PU}$
	鉛直波力	$P_V$	$\gamma_{PV}$
	水平波力	$P_H$	$\gamma_{PH}$

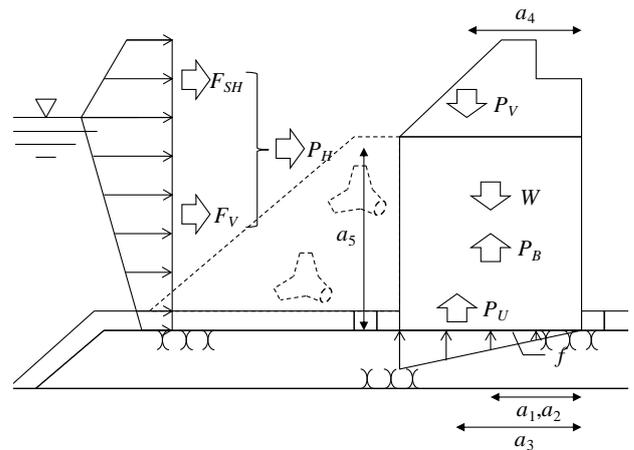


図-5.1 作用および耐力の概念図(再掲)

### 5.2 部分係数の算出

#### (1) 上部斜面堤

4章で設定した目標破壊確率に基づき部分係数を算出した。

図-5.2～図-5.9に上部斜面堤における部分係数の算出結果を示す。海底勾配(緩)の場合、荷重抵抗係数アプローチAに基づく滑動照査および転倒照査の部分係数は、各断面において概ね一定の値であった。荷重抵抗係数アプローチBに基づく滑動照査および転倒照査の部分係数についても、各断面において概ね一定の値であった。

一方、海底勾配(急)の場合、荷重抵抗係数アプローチAでは作用の合計値の部分係数 $\gamma_S$ 、荷重抵抗係数アプローチBでは鉛直波力の部分係数 $\gamma_{PV}$ および水平波力の部分係数 $\gamma_{PH}$ は海底勾配(緩)の場合と比較して、若干のばらつきが見られるが概ね一定の値であった。これらの傾向は、滑動照査および転倒照査いずれに対しても同じ傾向である。

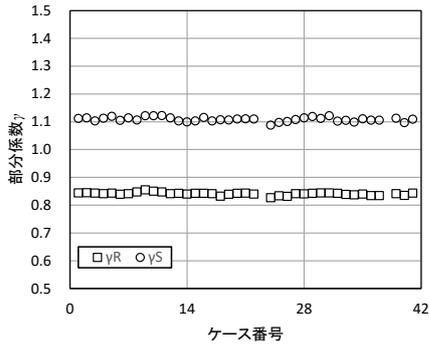


図-5.2 荷重抵抗係数アプローチA  
(上部斜面堤\_滑動\_緩)

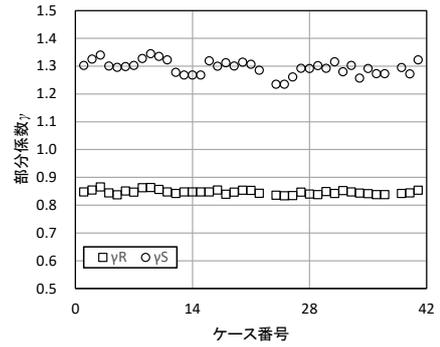


図-5.6 荷重抵抗係数アプローチA  
(上部斜面堤\_滑動\_急)

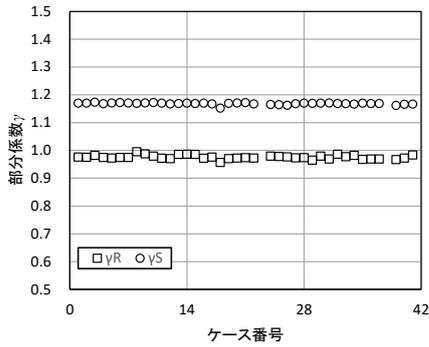


図-5.3 荷重抵抗係数アプローチA  
(上部斜面堤\_転倒\_緩)

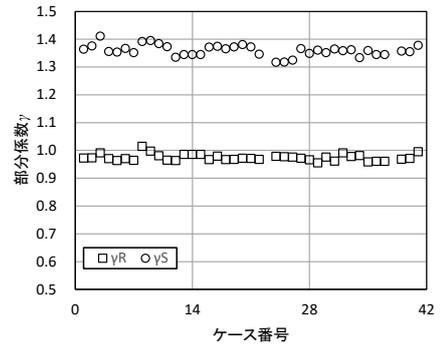


図-5.7 荷重抵抗係数アプローチA  
(上部斜面堤\_転倒\_急)

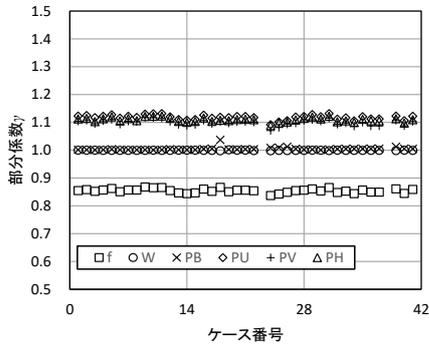


図-5.4 荷重抵抗係数アプローチB  
(上部斜面堤\_滑動\_緩)

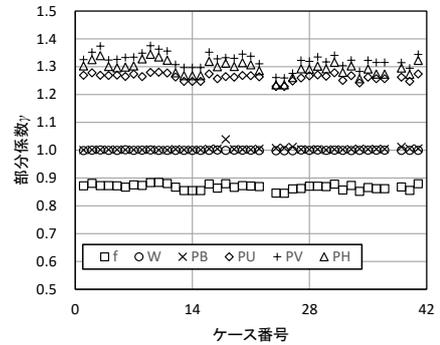


図-5.8 荷重抵抗係数アプローチB  
(上部斜面堤\_滑動\_急)

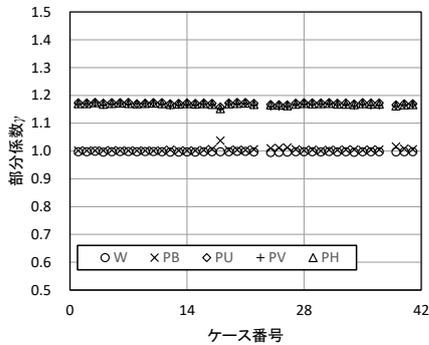


図-5.5 荷重抵抗係数アプローチB  
(上部斜面堤\_転倒\_緩)

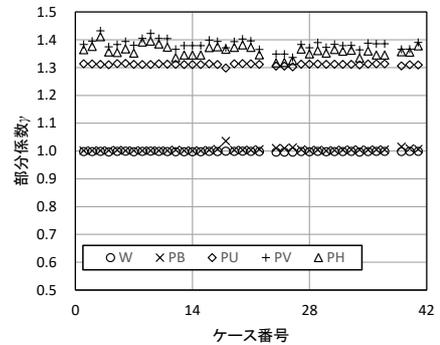


図-5.9 荷重抵抗係数アプローチB  
(上部斜面堤\_転倒\_急)

(2) 消波ブロック被覆上部斜面堤

図-5.10～図-5.17に消波ブロック被覆上部斜面堤における部分係数の算出結果を示す。消波ブロック被覆上部斜面堤の部分係数についても、上部斜面堤と同様な傾向であった。つまり、海底勾配（緩）の場合、荷重係数アプローチAに基づく滑動照査および転倒照査の部分係数は、各断面において概ね一定の値であった。荷重係数アプローチBに基づく滑動照査および転倒照査の部分係数についても、各断面において概ね一定の値であった。

一方、海底勾配（急）の場合、荷重係数アプローチAでは作用の合計値の部分係数 $\gamma_S$ 、荷重係数アプローチBでは鉛直波力の部分係数 $\gamma_{PR}$ および水平波力の部分係数 $\gamma_{PH}$ は海底勾配（緩）の場合と比較して、若干のばらつきが見られるが概ね一定の値であった。これらの傾向は、滑動照査および転倒照査いずれに対しても同じ傾向である。

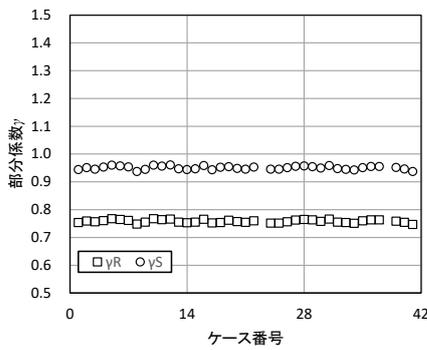


図-5.10 荷重抵抗係数アプローチA  
(消波ブロック被覆上部斜面堤\_滑動\_緩)

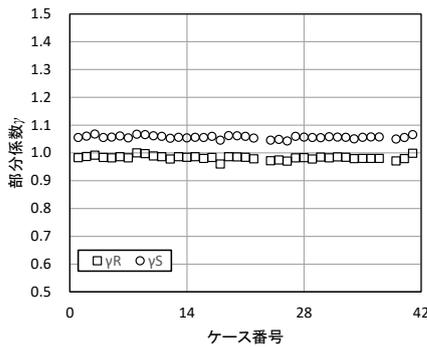


図-5.11 荷重抵抗係数アプローチA  
(消波ブロック被覆上部斜面堤\_転倒\_緩)

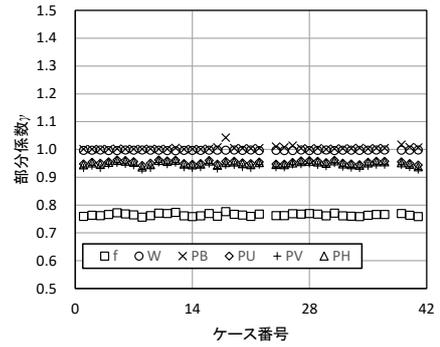


図-5.12 荷重抵抗係数アプローチB  
(消波ブロック被覆上部斜面堤\_滑動\_緩)

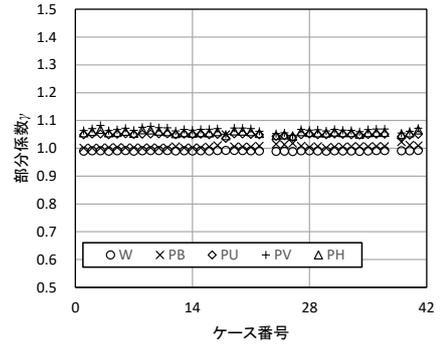


図-5.13 荷重抵抗係数アプローチB  
(消波ブロック被覆上部斜面堤\_転倒\_緩)

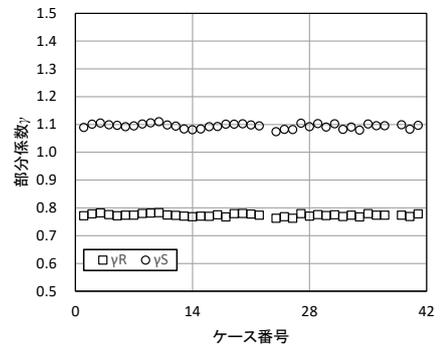


図-5.14 荷重抵抗係数アプローチA  
(消波ブロック被覆上部斜面堤\_滑動\_急)

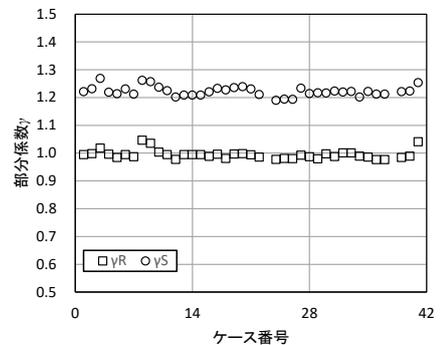


図-5.15 荷重抵抗係数アプローチA  
(消波ブロック被覆上部斜面堤\_転倒\_急)

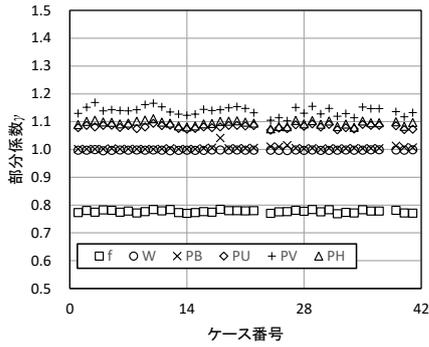


図-5.16 荷重抵抗係数アプローチB  
(消波ブロック被覆上部斜面堤\_滑動\_急)

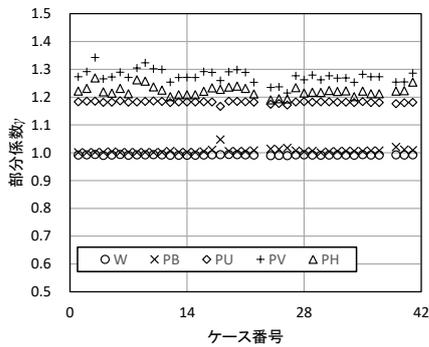


図-5.17 荷重抵抗係数アプローチB  
(消波ブロック被覆上部斜面堤\_転倒\_急)

(3) 部分係数の算出結果

上述したとおり、算出した部分係数は構造条件によつてほぼ一定の値であった。表-5.2に各断面の部分係数の平均値を部分係数一覧として示す。

なお、各断面の部分係数については付録Dに示す。

5.3 部分係数の確認

(1) 断面幅

5.2で算出した部分係数(表-5.2)による断面幅とH19設計法による断面幅を対比することで、算出した部分係数の確認を行った。図-5.18~図-5.25に荷重抵抗係数アプローチA、荷重抵抗係数アプローチBによる断面幅とH19設計法による断面幅の対比を示す。また、表-5.3には対比結果の一覧表を示す。なお、断面幅を比較する際には、滑動照査または転倒照査で必要となる断面幅のうち、大きい方の断面幅を決定断面幅とし、この決定断面幅の対比を行った。

この結果より、荷重抵抗係数アプローチA、荷重抵抗係数アプローチBによる断面幅はH19設計法による断面幅と対比して、最大で2%の増加、最小で4%の減少であり、平均で見れば概ね同じ(平均で1.00もしくは1.01)であった。このことから、算出した部分係数によって設計した断面の安全性は、H19設計法による断面が有する安全性と平均的に同程度であると言える。

表-5.3 算出した部分係数による断面幅とH19設計法による断面幅の対比一覧

構造形式	海底勾配	算出した部分係数による断面幅とH19設計法による断面幅の比					
		荷重抵抗係数A			荷重抵抗係数B		
		平均	最大	最小	平均	最大	最小
上部斜面堤	緩	1.00	1.02	0.99	1.00	1.01	0.98
	急	1.00	1.02	0.98	1.00	1.01	0.98
消波ブロック被覆上部斜面堤	緩	1.00	1.02	0.98	1.00	1.02	0.99
	急	1.01	1.02	1.00	1.00	1.02	0.96

表-5.2 部分係数一覧

構造形式	海底勾配	破壊モード	荷重抵抗係数アプローチA			荷重抵抗係数アプローチB					
			R	S	S/R	f	W	P <sub>B</sub>	P <sub>U</sub>	P <sub>V</sub>	P <sub>H</sub>
上部斜面堤	緩	滑動	0.84	1.11	1.32	0.85	1.00	1.00	1.12	1.10	1.11
		転倒	0.98	1.17	1.19	-	1.00	1.00	1.17	1.17	1.17
	急	滑動	0.85	1.29	1.52	0.87	1.00	1.00	1.26	1.32	1.29
		転倒	0.97	1.36	1.40	-	1.00	1.00	1.31	1.38	1.36
消波ブロック被覆上部斜面堤	緩	滑動	0.76	0.95	1.25	0.76	1.00	1.00	0.95	0.94	0.95
		転倒	0.98	1.06	1.08	-	0.99	1.01	1.05	1.07	1.06
	急	滑動	0.77	1.09	1.42	0.78	1.00	1.00	1.08	1.14	1.09
		転倒	0.99	1.22	1.23	-	0.99	1.01	1.18	1.27	1.22

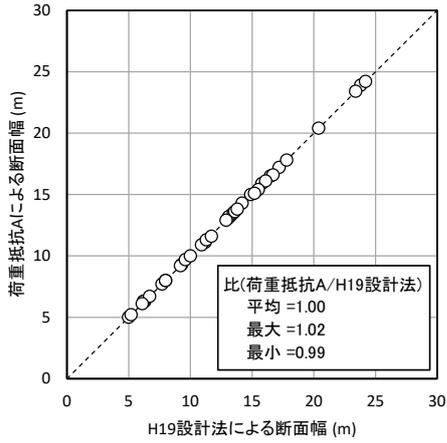


図-5.18 荷重抵抗係数アプローチAによる断面幅とH19設計法による断面幅の対比  
 (上部斜面堤\_緩)

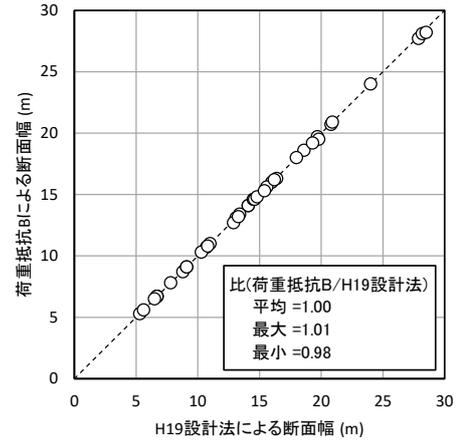


図-5.21 荷重抵抗係数アプローチBによる断面幅とH19設計法による断面幅の対比  
 (上部斜面堤\_急)

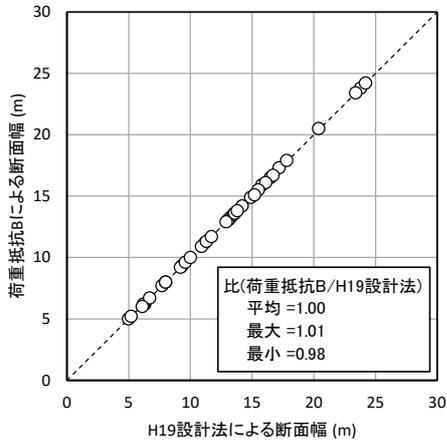


図-5.19 荷重抵抗係数アプローチBによる断面幅とH19設計法による断面幅の対比  
 (上部斜面堤\_緩)

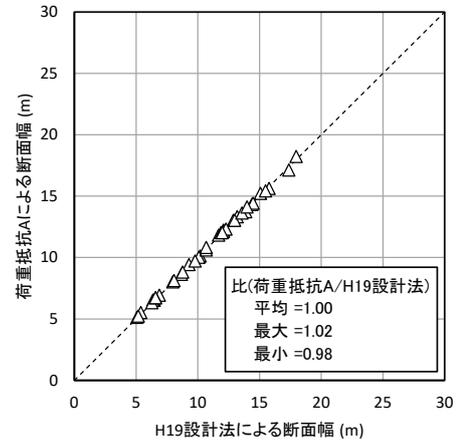


図-5.22 荷重抵抗係数アプローチAによる断面幅とH19設計法による断面幅の対比  
 (消波ブロック被覆上部斜面堤\_緩)

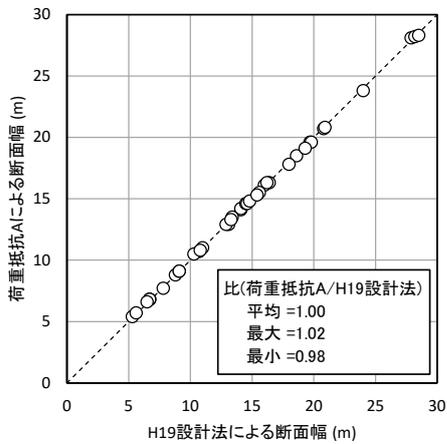


図-5.20 荷重抵抗係数アプローチAによる断面幅とH19設計法による断面幅の対比  
 (上部斜面堤\_急)

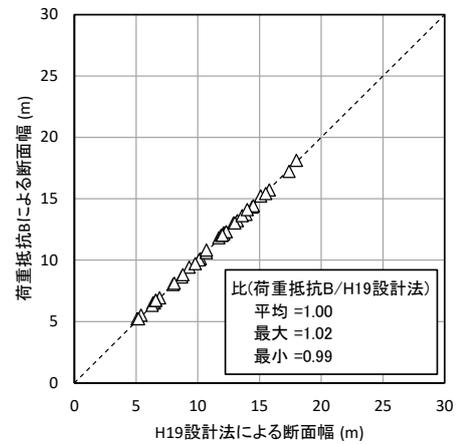


図-5.23 荷重抵抗係数アプローチBによる断面幅とH19設計法による断面幅の対比  
 (消波ブロック被覆上部斜面堤\_緩)

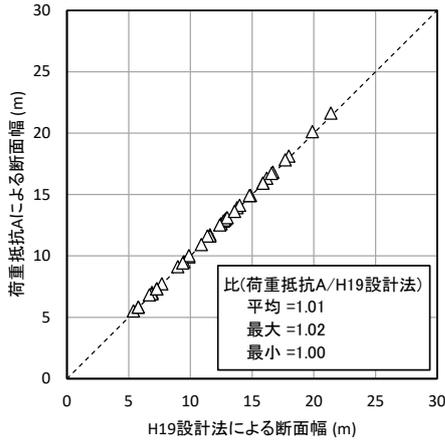


図-5.24 荷重抵抗係数アプローチAによる断面幅とH19設計法による断面幅の対比  
(消波ブロック被覆上部斜面堤\_急)

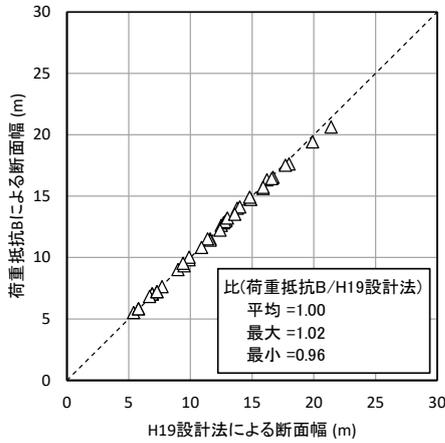


図-5.25 荷重抵抗係数アプローチBによる断面幅とH19設計法による断面幅の対比  
(消波ブロック被覆上部斜面堤\_急)

また、荷重抵抗係数アプローチAによる断面と荷重抵抗係数アプローチBによる断面幅の対比を行った（図-5.26～図-5.29）。表-5.4に対比結果の一覧表を示す。

この結果より、荷重抵抗係数アプローチAによる断面と荷重抵抗係数アプローチBによる断面幅を対比して、最大で5%、最小で2%であり、平均で見れば概ね同じ（平均で1.00もしくは1.01）であった。このことから、荷重抵抗係数アプローチAおよび荷重抵抗係数アプローチBに基づく部分係数のいずれを用いても、算定される断面には平均的に大きな違いがないと言える。

表-5.4 荷重抵抗係数アプローチAとBによる断面幅の対比一覧

構造形式	海底勾配	荷重抵抗係数Aと荷重抵抗係数Bの断面幅の比		
		平均	最大	最小
上部斜面堤	緩	1.00	1.02	0.99
	急	1.00	1.01	0.98
消波ブロック被覆上部斜面堤	緩	1.00	1.02	0.98
	急	1.01	1.05	0.99

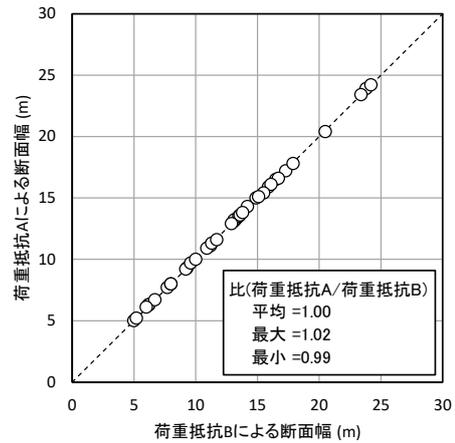


図-5.26 荷重抵抗係数アプローチAによる断面幅と荷重抵抗係数アプローチBによる断面幅の対比  
(上部斜面堤\_緩)

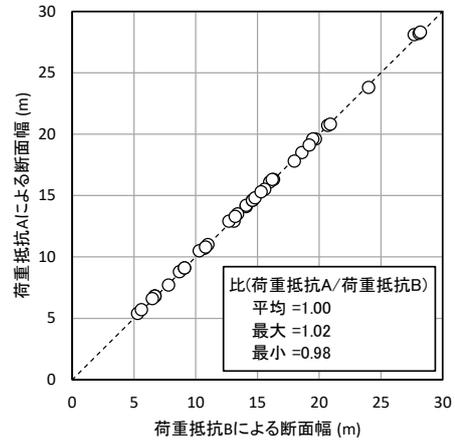


図-5.27 荷重抵抗係数アプローチAによる断面幅と荷重抵抗係数アプローチBによる断面幅の対比  
(上部斜面堤\_急)

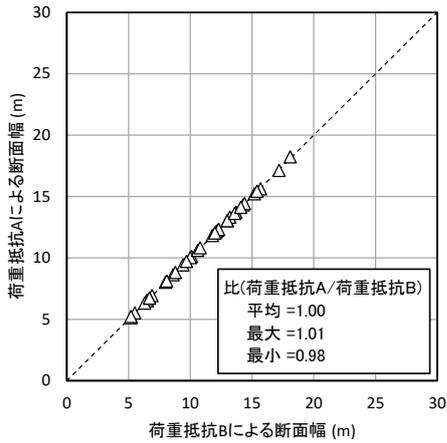


図-5.28 荷重抵抗係数アプローチAによる断面幅と荷重抵抗係数アプローチBによる断面幅の対比 (消波ブロック被覆上部斜面堤\_緩)

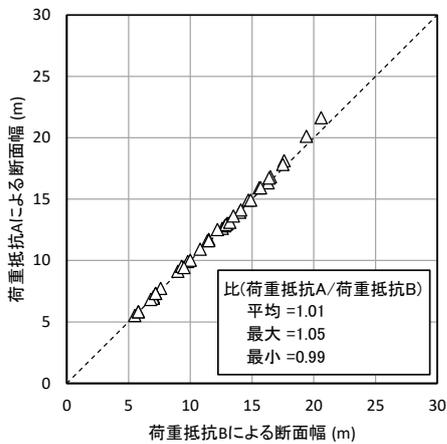


図-5.29 荷重抵抗係数アプローチAによる断面幅と荷重抵抗係数アプローチBによる断面幅の対比 (消波ブロック被覆上部斜面堤\_急)

面の破壊確率は概ね一定の値であり、変動係数は小さい。消波ブロック被覆上部斜面堤においても、上部斜面堤と同様の傾向であり、各断面の破壊確率は概ね一定の値であり、変動係数は小さい。

表-5.5 破壊確率一覧

構造形式	破壊モード	目標破壊確率	海底勾配	破壊確率(平均)	
				荷重抵抗係数A	荷重抵抗係数B
上部斜面堤	滑動	0.019	緩	0.018	0.018
			急	0.019	0.020
	転倒		緩	0.026	0.028
			急	0.024	0.027
消波ブロック被覆上部斜面堤	滑動	0.008	緩	0.008	0.008
			急	0.008	0.009
	転倒		緩	0.010	0.010
			急	0.011	0.010

表-5.6 破壊確率の変動係数

構造形式	破壊モード	海底勾配	破壊確率の変動係数	
			荷重抵抗係数A	荷重抵抗係数B
上部斜面堤	滑動	緩	0.063	0.031
		急	0.130	0.090
	転倒	緩	0.112	0.080
		急	0.193	0.134
消波ブロック被覆上部斜面堤	滑動	緩	0.056	0.056
		急	0.067	0.075
	転倒	緩	0.136	0.155
		急	0.173	0.237

(2)破壊確率

上述した断面幅と同様に、算出した部分係数(表-5.2)によって設計した断面の破壊確率を求め、算出した部分係数の確認を行った。図-5.30～図-5.37に各断面の破壊確率を示す。また、表-5.5に各断面の破壊確率の平均値を破壊確率一覧として示し、表-5.6にその変動係数を示す。なお、各断面の破壊確率については付録Eに示す。

この結果、各断面の破壊確率の平均値は目標破壊確率と概ね同じ値であり、目標破壊確率に基づいた部分係数が得られたと考えられる。また、荷重抵抗係数アプローチAと荷重抵抗係数アプローチBの部分係数フォーマット間による破壊確率には大きな違いがない。

構造形式別に破壊確率を見ると、上部斜面堤では各断

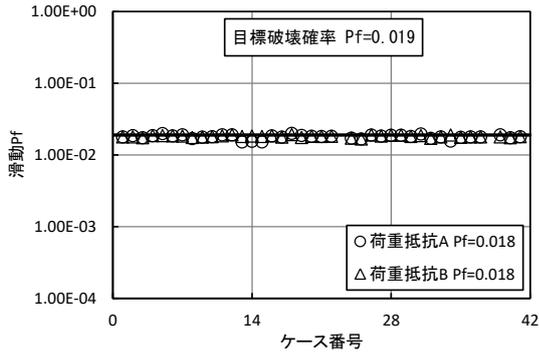


図-5.30 滑動破壊確率  
(上部斜面堤\_滑動\_緩)

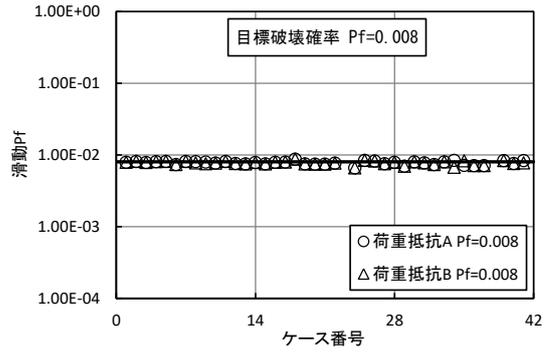


図-5.34 滑動破壊確率  
(消波ブロック被覆上部斜面堤\_滑動\_緩)

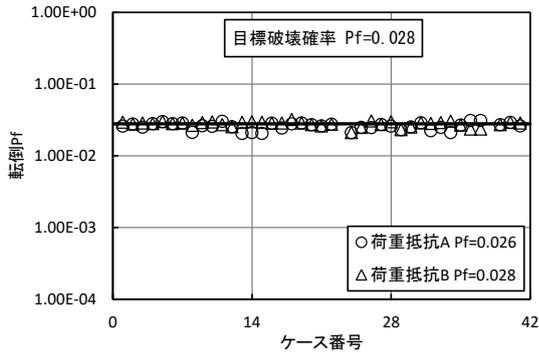


図-5.31 転倒破壊確率  
(上部斜面堤\_転倒\_緩)

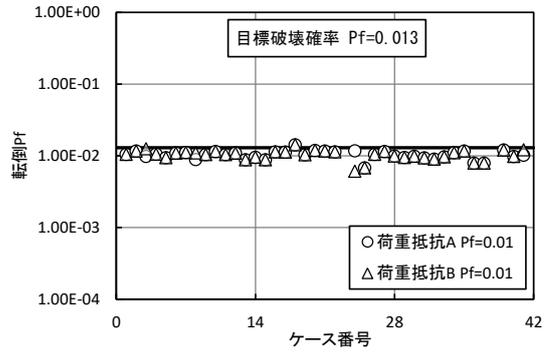


図-5.35 転倒破壊確率  
(消波ブロック被覆上部斜面堤\_転倒\_緩)

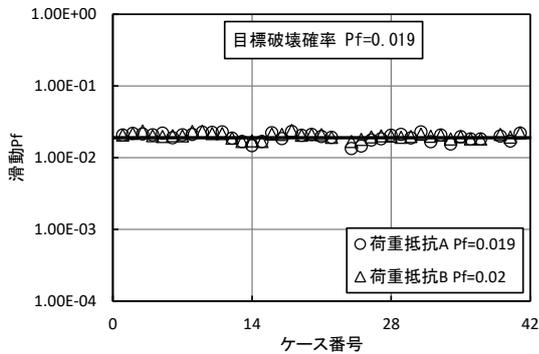


図-5.32 滑動破壊確率  
(上部斜面堤\_滑動\_急)

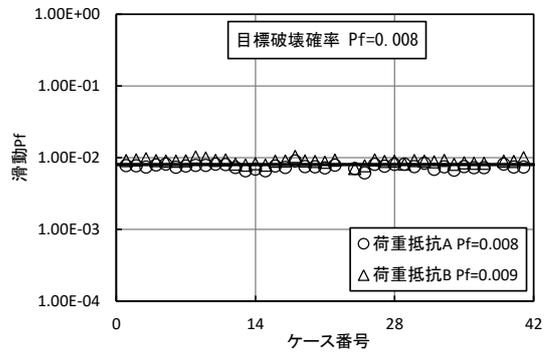


図-5.36 滑動破壊確率  
(消波ブロック被覆上部斜面堤\_滑動\_急)

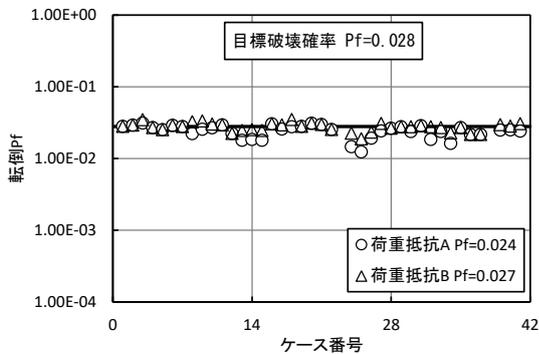


図-5.33 転倒破壊確率  
(上部斜面堤\_転倒\_急)

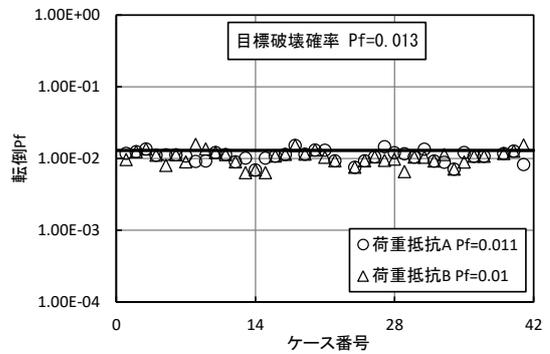


図-5.37 転倒破壊確率  
(消波ブロック被覆上部斜面堤\_転倒\_急)

(3) 部分係数に関する留意点

上述したとおり、荷重抵抗係数アプローチAおよび荷重抵抗係数アプローチBに基づく部分係数を用いて断面を算定しても平均的には大きな違いはないことから、これら2種類の部分係数を提案する（表-5.7）。

これらの部分係数を適用するにあたり、留意すべき点を以下に示す。

a) 海底勾配

本検討では、海底勾配（緩）と海底勾配（急）のそれぞれに対して部分係数を算出したが、海底勾配（急）の部分係数を用いた場合、海底勾配（緩）に比較して大きな断面幅が必要となる。そのため、海底勾配（急）となる条件下での防波堤設置を避けることが、より経済的な断面を設定することに繋がる。

b) 上部斜面形状

本検討における斜面部の角度は表-3.2の検討条件に示したとおり、45°である。また、消波ブロック被覆上部斜面堤の波力算定式は斜面角が45°の場合にしか適用できない。そのため、斜面角が45°以外の場合には、提案した部分係数は適用範囲外とする。また、本検討では、斜面部は平面形状が一様な斜面としており、斜面部にスリットを設けた形状などは、波力特性が異なることが想定されるため、適用範囲外とする。

c) 一般事項

混成堤等を対象とした佐藤ら<sup>3)</sup>の研究では、衝撃砕波が発生すると破壊確率の変動が大きくなり、急に破壊に至る可能性があることが示されているが、本検討では衝撃砕波の発生有無によって、破壊確率が大きく異なる傾向は見られない。これは、作用する波力が増大しても、斜面部によって波力が作用にも耐力にも寄与するからと考

えられる。しかし、衝撃砕波の発生が防波堤への安定性や部材応力に影響を及ぼすことには変わりがないため、一般的な防波堤と同様に、強大な衝撃砕波力が生じる恐れのある断面形状や構造の採用はできるだけ避けることが望ましい。

表-5.7 部分係数一覧

構造形式	海底勾配	破壊モード	荷重抵抗係数 アプローチA		荷重抵抗係数 アプローチB					
			R	S	f	W	P <sub>B</sub>	P <sub>U</sub>	P <sub>V</sub>	P <sub>H</sub>
上部斜面堤	緩	滑動	0.84	1.11	0.85	1.00	1.00	1.12	1.10	1.11
		転倒	0.98	1.17	-	1.00	1.00	1.17	1.17	1.17
	急	滑動	0.85	1.29	0.87	1.00	1.00	1.26	1.32	1.29
		転倒	0.97	1.36	-	1.00	1.00	1.31	1.38	1.36
消波ブロック 被覆上部斜面堤	緩	滑動	0.76	0.95	0.76	1.00	1.00	0.95	0.94	0.95
		転倒	0.98	1.06	-	0.99	1.01	1.05	1.07	1.06
	急	滑動	0.77	1.09	0.78	1.00	1.00	1.08	1.14	1.09
		転倒	0.99	1.22	-	0.99	1.01	1.18	1.27	1.22

## 6. おわりに

本検討では、重力式防波堤のうち、上部斜面堤および消波ブロック被覆上部斜面堤を対象として、変動波浪に対する滑動照査および転倒照査に用いる新しい部分係数を提案した。新しい部分係数は、混成堤と消波ブロック被覆堤と同様に、H19設計法によって設計された断面の破壊確率に基づき算出しており、荷重抵抗係数アプローチに基づく部分係数である。以下に、本検討において得られた結果を示す。

- ・H19設計法による上部斜面堤等の断面幅は、H11設計法と比較して、上部斜面堤では海底勾配（急）の場合で約20%大きく、海底勾配（緩）の場合で同程度である（断面幅が約5%大きい）。消波ブロック被覆上部斜面堤では海底勾配（急）の場合で同程度であり（断面幅が約2%大きい）、海底勾配（緩）の場合で小さい（断面幅が約8%小さい）。
- ・新しい部分係数はH19設計法による断面の破壊確率に基づき算出した。また、新しい部分係数を算出する際に設定した目標破壊確率は、海底勾配（緩）と海底勾配（急）の各条件で求まる破壊確率の平均とした。ただし、目標破壊確率は構造形式別（上部斜面堤、消波ブロック被覆上部斜面堤）や破壊モード別（滑動、転倒）に設定した。
- ・新しい部分係数は荷重抵抗係数アプローチに基づく部分係数であり、2種類（荷重抵抗係数アプローチA、荷重抵抗係数アプローチB）の新しい部分係数を提案した。具体的な数値は表-5.7に示す。なお、2種類の部分係数を用いて求まる断面幅には大きな違いはない。

(2017年8月31日受付)

## 謝辞

本資料をとりまとめるにあたり、上部斜面堤および消波ブロック被覆上部斜面堤の波力算定や安定性等については、（国研）港湾空港技術研究所の下迫健一郎特別研究主幹、鈴木高二朗耐波研究グループ長より、懇切丁寧なご指導、適切なご助言および参考情報を頂きました。また、検討内容については、港湾施設研究室の交流研究員である勝俣優氏、田端優憲氏より、貴重なご意見を頂きました。ここに記して、深く感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 国土交通省港湾局監修：港湾の施設の技術上の基準・同解説，社団法人 日本港湾協会，2007.
- 2) 竹信正寛，西岡悟史，佐藤健彦，宮田正史：荷重抵抗係数アプローチによるレベル1信頼性設計法に関する基礎的研究 ～永続状態におけるケーソン式岸壁の滑動および転倒照査を対象に～，国土技術政策総合研究所資料，No.880，2015.
- 3) 佐藤健彦，竹信正寛，宮田正史：重力式防波堤のレベル1信頼性設計法に関する基礎的研究 ～混成堤および消波ブロック被覆堤の滑動および転倒照査を対象に～，国土技術政策総合研究所資料，No.922，2016.
- 4) 国土交通省港湾局監修：港湾の施設の技術上の基準・同解説，社団法人 日本港湾協会，1999.
- 5) 合田良実：防波堤の設計波圧に関する研究，港湾技術研究所報告，Vol.12，No.3，1973.
- 6) 高橋重雄，谷本勝利，下迫健一郎，細山田得三：混成防波堤のマウンド形状による衝撃波力係数の提案，第39回海岸工学論文集，1992.
- 7) 森平倫生，国田治：斜面壁堤の水理特性に関する模型実験，第26回海岸工学講演会論文集，1979.
- 8) 細山田得三，高橋重雄，谷本勝利：離島港湾における上部斜面堤の適用性について，海岸工学論文集，第41巻，1994.
- 9) 下迫健一郎，大寄菜々子：各種混成堤における波力算定法の適用性に関する考察 ―衝撃砕波力係数など波力算定上の留意点―，港湾空港技術研究所資料，No.1107，2005.
- 10) 佐藤孝夫，山縣延文，古川正美，高橋重雄，細山田得三：消波ブロック被覆上部斜面堤の水理特性 ―那覇港大水深域における新構造防波堤の開発―，海岸工学論文集，第39巻，1992.

- 11) 吉岡健，長尾毅：重力式防波堤の外的安定に関するレベル1信頼性設計法の提案，国土技術政策総合研究所研究報告，No.20，2005.
- 12) 宮脇周作，長尾毅：複数の構造的特徴を有する重力式防波堤の部分係数設定方法に関する研究，国土技術政策総合研究所資料，No.350，2006.
- 13) 長尾毅：ケーソン式防波堤の外的安定に関する信頼性設計手法の提案，国土技術政策総合研究所研究報告，No.4，2002.
- 14) 高山知司，池田直太：現行設計法における防波堤の滑動安定性，海岸工学論文集，第38巻，1991.
- 15) 長尚：基礎知識としての構造信頼性設計，山海堂，1995.

付録 A 試行回数の設定

モンテカルロシミュレーション（以下、「MCS」という。）を用いた破壊確率や部分係数の算出においては、確率変数を安定的に計算するためにMCSにおける試行回数を設定した。試行回数設定にあたっては、本編の検討ケースNo.1, No.11, No.21, No.31, No.41を対象に、MCSにおける試行回数を10万回、50万回、100万回と変化させて破壊確率を算出し、その算出結果を検証した。

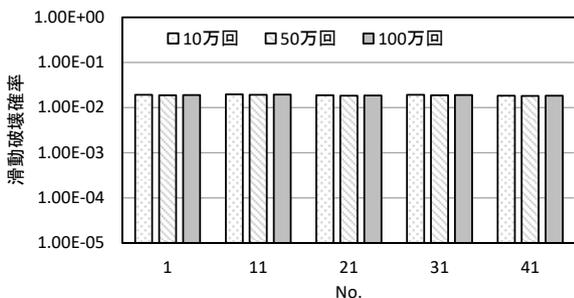
破壊確率の算出結果一覧を付表-A.1および表-A.2に、図化したものを付図-A.1～付図-A.4に示す。この結果、MCSにおける試行回数は10万回、50万回、100万回と変化させても破壊確率に大きな変化がない。本検討では、混成堤および消波ブロック被覆堤を対象とした佐藤ら<sup>1)</sup>の研究と同様に、MCSにおける試行回数は50万回に設定した。

付表-A.1 破壊確率（上部斜面堤）

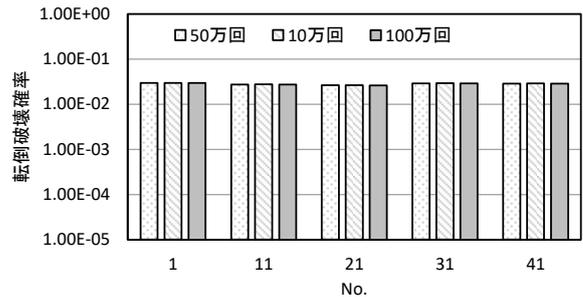
No.	滑動破壊確率			転倒破壊確率		
	10万回	50万回	100万回	10万回	50万回	100万回
1	0.01897	0.01857	0.01891	0.02949	0.02932	0.02945
11	0.01945	0.01908	0.01945	0.02731	0.02707	0.02714
21	0.01851	0.01809	0.01849	0.02619	0.02610	0.02615
31	0.01899	0.01852	0.01898	0.02897	0.02878	0.02876
41	0.01822	0.01794	0.01836	0.02881	0.02854	0.02861
平均	0.01883	0.01844	0.01884	0.02815	0.02796	0.02802

付表-A.2 破壊確率（消波ブロック被覆上部斜面堤）

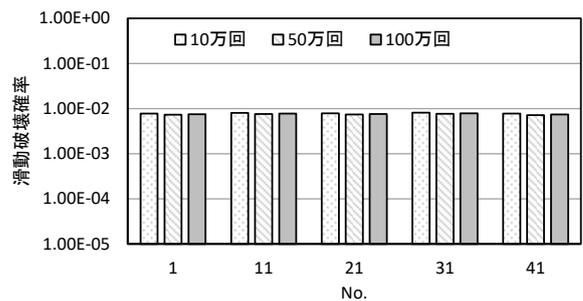
No.	滑動破壊確率			転倒破壊確率		
	10万回	50万回	100万回	10万回	50万回	100万回
1	0.00776	0.00737	0.00746	0.01328	0.01307	0.01330
11	0.00807	0.00765	0.00771	0.01293	0.01264	0.01292
21	0.00790	0.00742	0.00753	0.01194	0.01161	0.01191
31	0.00818	0.00773	0.00787	0.01270	0.01254	0.01278
41	0.00777	0.00718	0.00736	0.01458	0.01451	0.01463
平均	0.00794	0.00747	0.00759	0.01309	0.01287	0.01311



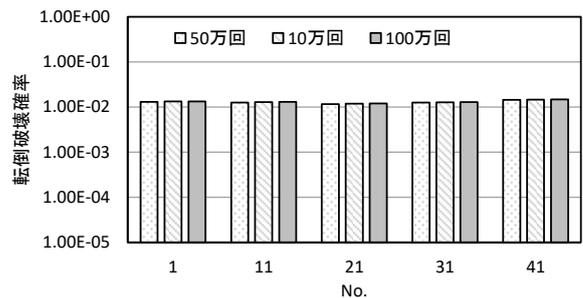
付図-A.1 滑動破壊確率（上部斜面堤）



付図-A.2 転倒破壊確率（上部斜面堤）



付図-A.3 滑動破壊確率（消波ブロック被覆上部斜面堤）



付図-A.4 転倒破壊確率（消波ブロック被覆上部斜面堤）

参考文献

- 1) 佐藤健彦, 竹信正寛, 宮田正史: 重力式防波堤のレベル1信頼性設計法に関する基礎的研究 ～混成堤および消波ブロック被覆堤の滑動および転倒照査を対象に～, 国土技術政策総合研究所資料, No.922, 2016.

付録 B 波力算定式の統計的性質

(1) 概要

本検討で用いた設計因子の統計的性質を付表-B.1に示す。この内、波力算定精度以外は、佐藤ら<sup>1)</sup>の研究における混成堤等の部分係数の算定に用いた設計因子の統計的性質と同じであるため、ここでは、その詳細については省略し、波力算定精度についてのみ記載する。波力算定精度は、上部斜面堤と消波ブロック被覆上部斜面堤とは異なるため、各々について記載する。

付表-B.1 設計因子の統計的性質

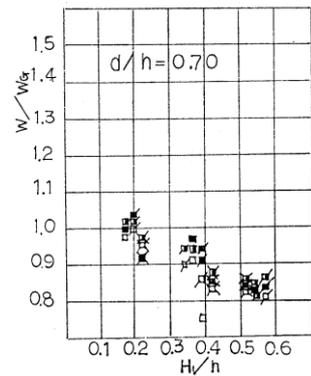
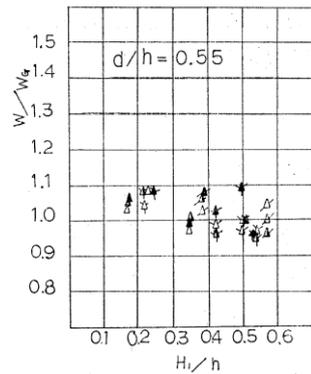
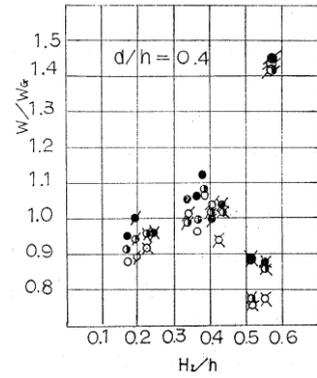
設計因子	平均値 の偏り	変動 係数
摩擦係数	1.06	0.15
堤体単位体積重量	1.01	0.03
潮位 $r_{wi}=1.5$	1.00	0.20
$r_{wi}=2.0, 2.5$	1.00	0.40
H.H.W.L.	1.00	0.00
設計波高 水深変化 緩	0.84	0.14
水深変化 急	0.92	0.16
波力算定式 上部斜面堤	0.96	0.18
消波ブロック被覆上部斜面堤	0.89	0.11

(2) 上部斜面堤

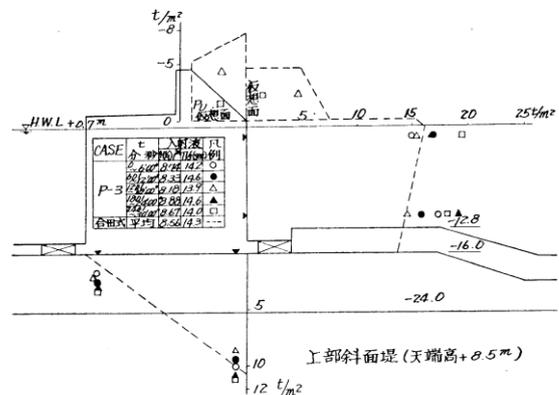
上部斜面堤の波力算定式の統計的性質は、吉岡ら<sup>2)</sup>によって評価されている。これは、過去に行われた実験結果に基づいて評価されたものであり、用いられた実験データ数は48となっている(付表-B.2)。各実験結果を付図-B.1～付図-B.4に、評価結果を付図-B.5に示す。なお、森平ら<sup>3)</sup>のデータについては、「森平・国田(1979)の波力実験結果は、堤体の滑動限界重量に基づく逆算値であるため、摩擦係数のばらつきの影響が含まれているものと考えられる。このため、摩擦係数の確率分布を基にその影響を除去して算出した。」とある。

付表-B.2 実験データ数

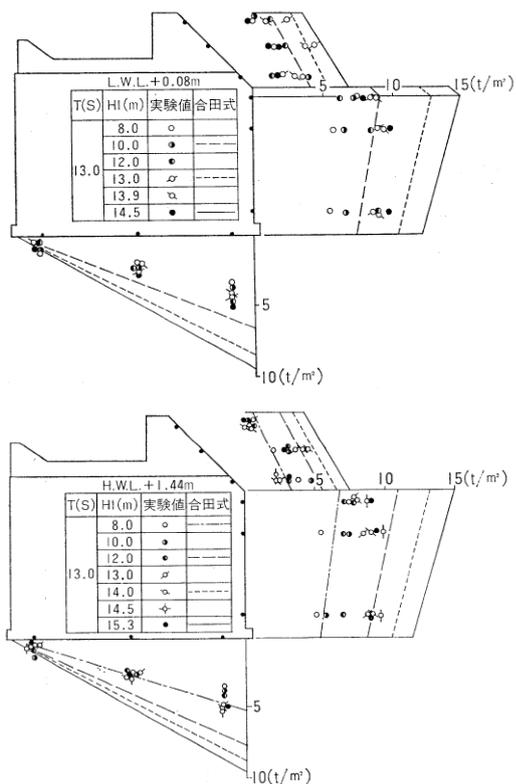
実験データ (文献)	データ数	
	上部斜面堤	消波ブロック被覆 上部斜面堤
1. 森平ら, 1979 <sup>3)</sup>	26	—
2. 中田ら, 1983 <sup>4)</sup>	5	2
3. 大堀ら, 1986 <sup>5)</sup>	13	13
4. 細山田ら, 1994 <sup>6)</sup>	4	4
合計	48	19



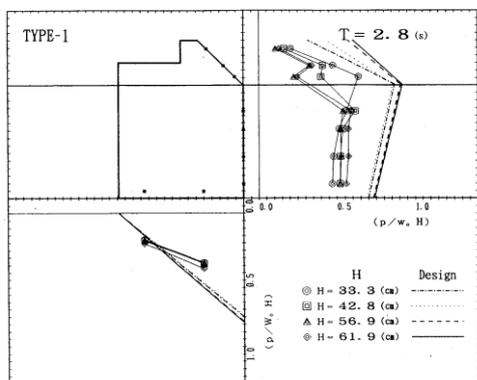
付図-B.1 実験データ (森平ら<sup>3)</sup>)



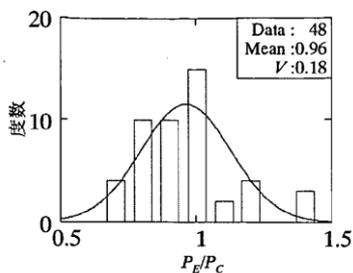
付図-B.2 実験データ (中田ら<sup>4)</sup>)



付図-B.3 実験データ (大堀ら<sup>5)</sup>)



付図-B.4 実験データ (細山田ら<sup>6)</sup>)

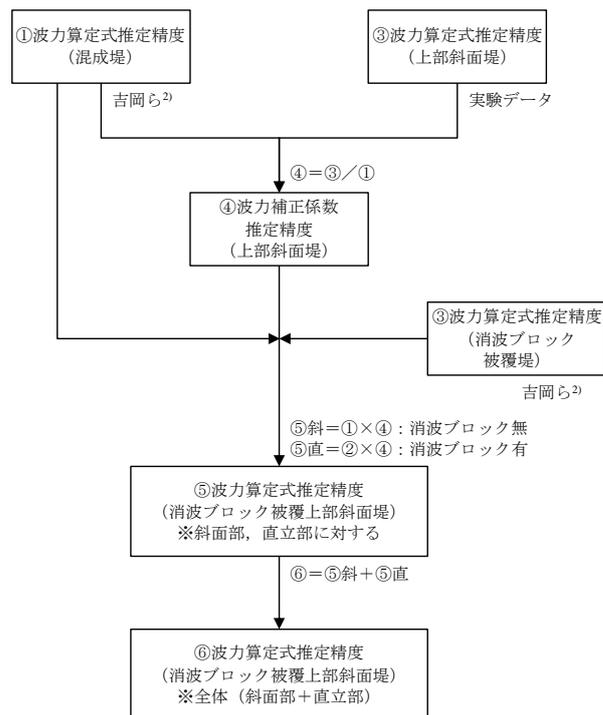


付図-B.5 上部斜面堤の波力算定式推定精度<sup>2)</sup>

(3) 消波ブロック被覆上部斜面堤

消波ブロック被覆上部斜面堤の波力算定式の統計的性質は、宮脇ら<sup>7)</sup>によって評価されている。これは、消波ブロック被覆上部斜面堤が上部斜面堤と消波ブロック被覆堤の特徴を有することから、混成堤、消波ブロック被覆堤および上部斜面堤の波力算定式推定精度に基づいて評価されたものがある。

付図-B.6により概説すると、まず、①混成堤の波力算定式精度と③上部斜面堤の波力算定式推定精度から④上部斜面堤の波力補正係数推定精度を求める。次に、④上部斜面堤の波力補正係数推定精度と①混成堤の波力算定式精度または③消波ブロック被覆堤の波力算定式推定精度から、斜面部および直立部(消波ブロック被覆部)のそれぞれに対して⑤消波ブロック被覆上部斜面堤の波力算定式推定精度を求める。最後に、⑤消波ブロック被覆上部斜面堤の斜面部および直立部のそれぞれに対する波力算定式推定精度から、⑥消波ブロック被覆上部斜面堤の全体に対する波力算定式推定精度を評価する。評価方法の詳細については、宮脇ら<sup>7)</sup>の研究を参照されたい。



※上記において、"/", "×", "+" は算出過程の概念を示している。実際の算出には式 (A.1), 式 (A.2) により、平均値, 変動係数を算出している。  
"/" : 分解  
"×" : 掛け合せ  
"+" : 組み合せ

付図-B.6 消波ブロック被覆上部斜面堤の波力算定式推定精度の評価手順

付表-B.3には各構造形式の波力算定式推定精度から評価された消波ブロック被覆上部斜面堤の波力算定式推定精度を示す。また、2つの構造的特徴からなる波力および波力補正係数の平均値または変動係数は、2つの構造形式の波力および波力補正係数を互いに独立な確率変数であると考え、それぞれ式 (B.1)、式 (B.2) で求めることができる。

付表-B.3 消波ブロック被覆上部斜面堤の波力算定式推定精度

項目		推定精度		備考
①波力算定式推定精度 (混成堤)	平均値の偏り $B$	0.91		吉岡ら <sup>2)</sup> より
	変動係数 $V$	0.19		
②波力算定式推定精度 (消波ブロック被覆堤)	平均値の偏り $B$	0.84		吉岡ら <sup>2)</sup> より
	変動係数 $V$	0.12		
③波力算定式推定精度 (上部斜面堤)	対象箇所	斜面部	直立部	実験データ (2. 中田ら <sup>3)</sup> , 3. 大堀ら <sup>4)</sup> , 4. 細山田ら <sup>5)</sup> より
	平均値 $\mu$	0.60	1.04	
	変動係数 $V$	0.33	0.13	
④波力補正係数推定精度 (上部斜面堤)	対象箇所	斜面部	直立部	①と③より $\mu_{④} = \mu_{③} / \mu_{①}$ $V_{④} = (V_{③}^2 - V_{①}^2)^{1/2}$
	平均値 $\mu$	0.66	1.14	
	変動係数 $V$	0.27	0.00	
⑤波力算定式推定精度 (消波ブロック被覆上部斜面堤)	対象箇所	斜面部	直立部	①or②と④より $\mu_{⑤} = \mu_{①or②} / \mu_{④}$ $V_{⑤} = (V_{①or②}^2 - V_{④}^2)^{1/2}$
	平均値 $\mu$	0.60	0.96	
	変動係数 $V$	0.33	0.12	
⑥波力算定式推定精度 (消波ブロック被覆上部斜面堤)	平均値の偏り $B$	0.89		⑤より算出 <sup>7)</sup>
	変動係数 $V$	0.11		

$$\mu_{XY} = \mu_X \cdot \mu_Y \quad (\text{B.1})$$

$$V_{XY} = (V_X^2 + V_Y^2)^{1/2} \quad (\text{B.2})$$

ここに、

$\mu_{XY}$  : 平均値

$V_{XY}$  : 変動係数 (標準偏差/平均値)

## 参考文献

- 1) 佐藤健彦, 竹信正寛, 宮田正史: 重力式防波堤のレベル1信頼性設計法に関する基礎的研究 ～混成堤および消波ブロック被覆堤の滑動および転倒照査を対象に～,

国土技術政策総合研究所資料, No.922, 2016.

- 2) 吉岡健, 長尾毅: 重力式防波堤の外的安定に関するレベル1信頼性設計法の提案, 国土技術政策総合研究所研究報告, No.20, 2005.
- 3) 森平倫生, 国田治: 斜面壁堤の水利特性に関する模型実験, 第26回海岸工学講演会論文集, 1979.
- 4) 中田邦夫, 池田龍彦, 岩崎三日子, 北野雅三, 藤田隆: 上部斜面堤の現地建設に伴う水利模型実験, 第30回海岸工学講演会論文集, 1983.
- 5) 大堀晃一, 森川雅行, 大野光嘉, 石田国夫: 上部斜面堤に作用する波力に関する実験的研究, 第33回海岸工学講演会論文集, 1986.
- 6) 細山田得三, 高橋重雄, 谷本勝利: 離島港湾における上部斜面堤の適用性について, 海岸工学論文集, 第41巻, 1994.
- 7) 宮脇周作, 長尾毅: 複数の構造的特徴を有する重力式防波堤の部分係数設定方法に関する研究, 国土技術政策総合研究所資料, No.350, 2006.

付録 C 材料係数アプローチに基づく部分係数の算出

(1) 部分係数の算出

ここでは、材料係数アプローチに基づく部分係数を算出した。材料係数アプローチは防波堤の全体安定性に関する性能照査において、関連する設計因子に対して部分係数を乗じるフォーマットである。材料係数アプローチに基づく部分係数を用いた照査式を式 (C. 1) に示し、部分係数フォーマットを付表-C. 1 に示す。

なお、部分係数の算出において、検討条件や目標破壊確率は本編で示した荷重抵抗係数アプローチ A および荷重抵抗係数アプローチ B と同じである。

各断面における部分係数の算出結果は付図-C. 1～付図-C. 8 に示し、付表-C. 2 に各断面の部分係数の平均値を部分係数一覧として示す。

$$R_d \geq S_d$$

(滑動照査)

$$R_d = f[f] \cdot (W[\gamma_c] - P_B[r_{wl}] - P_U[H_D, P]) + P_V[H_D, P]$$

$$S_d = P_H[H_D, P]$$

(転倒照査)

$$R_d = W[\gamma_c] \cdot a_1 - P_B[r_{wl}] \cdot a_2 - P_U[H_D, P] \cdot a_3 + P_V[H_D, P] \cdot a_4$$

$$S_d = P_H[H_D, P] \cdot a_5 \tag{C. 1}$$

ここに、

$f$  : 摩擦係数

$W$  : 堤体重量 (kN)

$P_B$  : 浮力 (kN)

$P_U$  : 揚圧力 (kN)

$P_V$  : 斜面部に作用する鉛直波力 (kN)

$P_H$  : 水平波力 (kN)

$a_1 \sim a_5$  : 各作用のアーム長 (m)

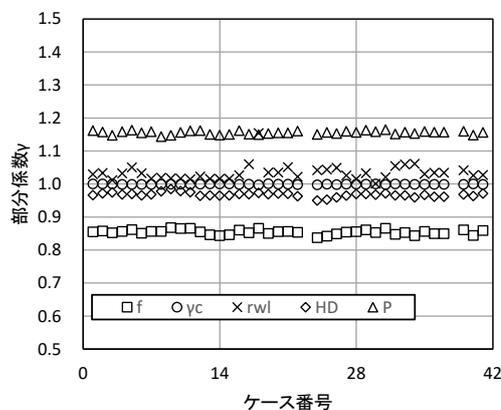
ここで、[ ] は部分係数を乗じる設計因子を示す。

付表-C. 1 部分係数フォーマット

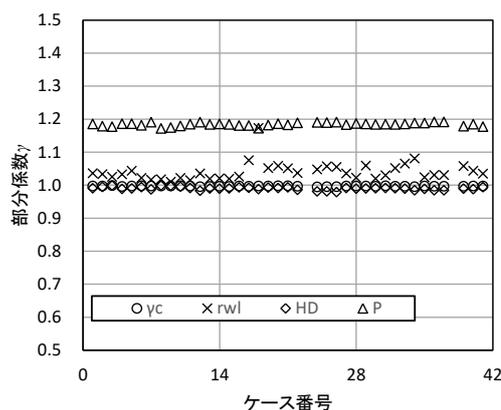
分類	設計因子	記号	部分係数
材料係数 アプローチ	摩擦係数	$f$	$\gamma_f$
	堤体単位体積重量	$\gamma_c$	$\gamma_{\gamma c}$
	潮位	$\gamma_{wl}$	$\gamma_{\gamma_{wl}}$
	設計波高	$H_D$	$\gamma_{HD}$
	波力算定式	$P$	$\gamma_P$

付表-C. 2 部分係数一覧

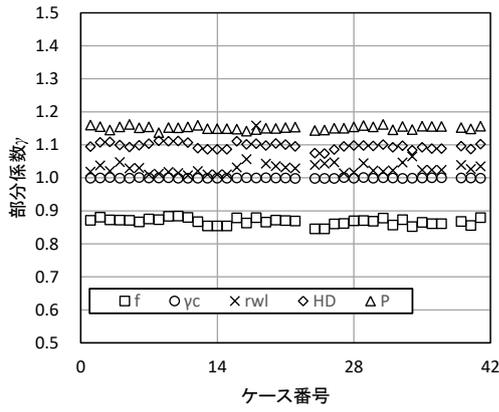
構造形式	海底勾配	破壊モード	材料係数 アプローチ				
			$f$	$\gamma_c$	$\gamma_{wl}$	$H_D$	$P$
上部斜面堤	緩	滑動	0.85	1.00	1.03	0.97	1.16
		転倒	-	1.00	1.04	0.99	1.18
	急	滑動	0.87	1.00	1.03	1.10	1.15
		転倒	-	1.00	1.04	1.12	1.17
消波ブロック被覆上部斜面堤	緩	滑動	0.76	1.00	1.04	0.97	0.98
		転倒	-	0.99	1.06	1.03	1.01
	急	滑動	0.78	1.00	1.04	1.11	0.98
		転倒	-	0.99	1.06	1.17	1.01



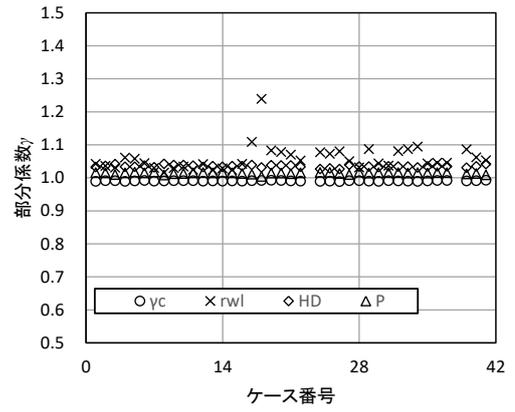
付図-C. 1 材料係数アプローチ  
(上部斜面堤\_滑動\_緩)



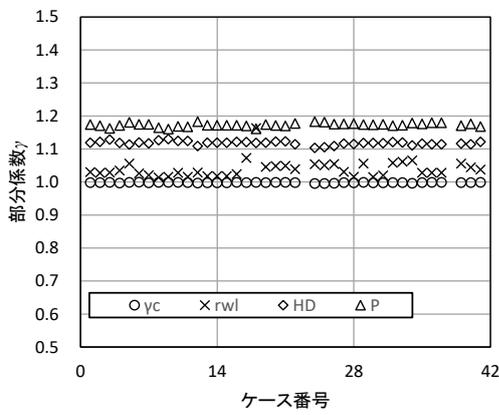
付図-C. 2 材料係数アプローチ  
(上部斜面堤\_転倒\_緩)



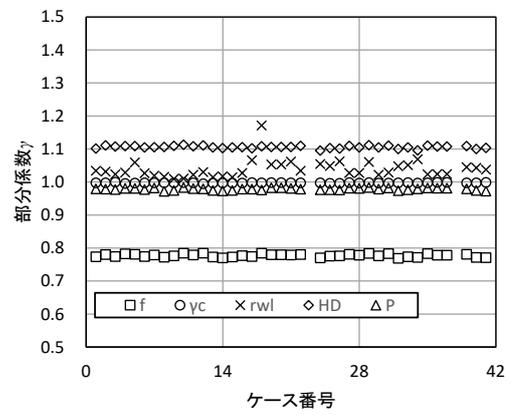
付図-C.3 材料係数アプローチ  
 (上部斜面堤\_滑动\_急)



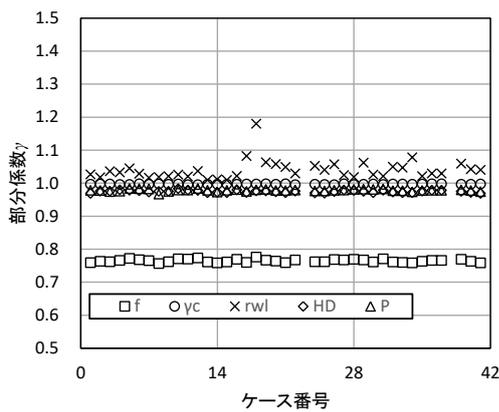
付図-C.6 材料係数アプローチ  
 (消波ブロック被覆上部斜面堤\_転倒\_緩)



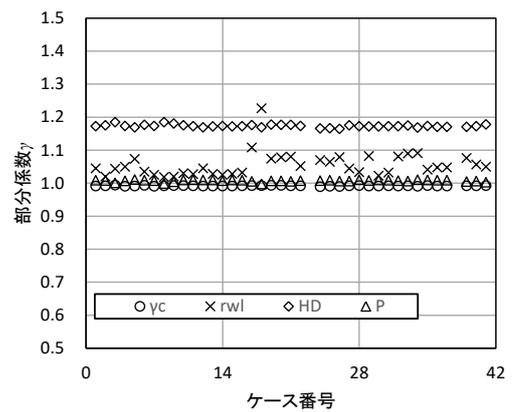
付図-C.4 材料係数アプローチ  
 (上部斜面堤\_転倒\_急)



付図-C.7 材料係数アプローチ  
 (消波ブロック被覆上部斜面堤\_滑动\_急)



付図-C.5 材料係数アプローチ  
 (消波ブロック被覆上部斜面堤\_滑动\_緩)



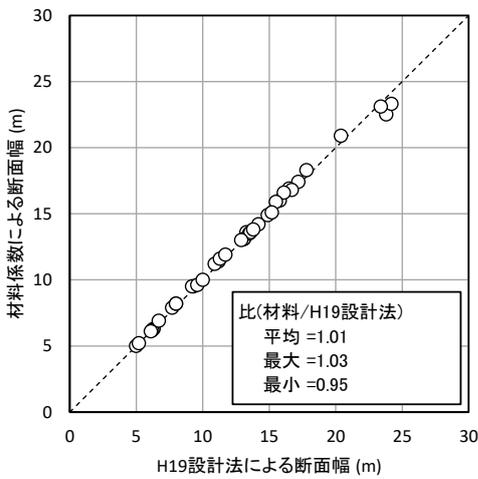
付図-C.8 材料係数アプローチ  
 (消波ブロック被覆上部斜面堤\_転倒\_急)

(2) 断面幅の確認

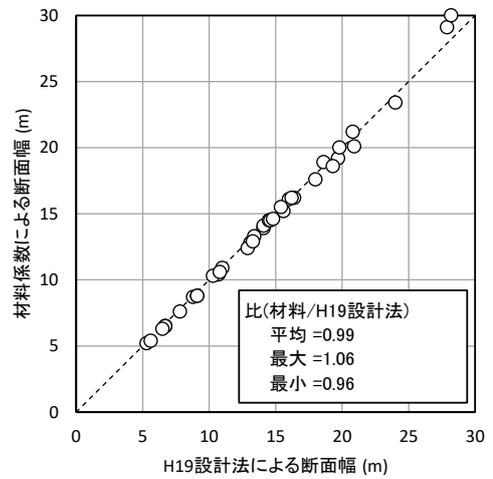
上述した材料係数アプローチに基づく部分係数による断面とH19設計法による断面を対比した。ここで対比に用いた部分係数は、各断面の部分係数の平均値であり、付表-C. 2に示した部分係数である。付図-C. 9～付図-C. 12に材料係数アプローチによる断面幅とH19設計法による断面幅の対比を示す。また、付表-C. 3には対比結果の一覧表を示す。なお、断面幅を比較する際には、滑動照査または転倒照査で必要となる断面幅の内、大きい方の断面幅を決定断面幅とし、この決定断面幅の対比を行った。

付表-C. 3 断面幅の対比一覧

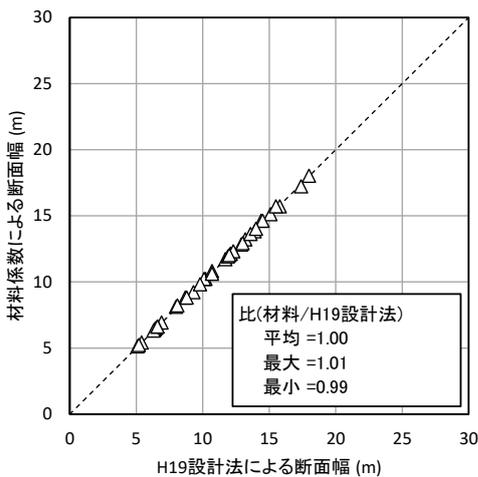
構造形式	海底勾配	材料係数とH19設計法の断面幅の比		
		平均	最大	最小
上部斜面堤	緩	1.01	1.03	0.95
	急	0.99	1.06	0.96
消波ブロック被覆上部斜面堤	緩	1.00	1.01	0.99
	急	0.99	1.02	0.93



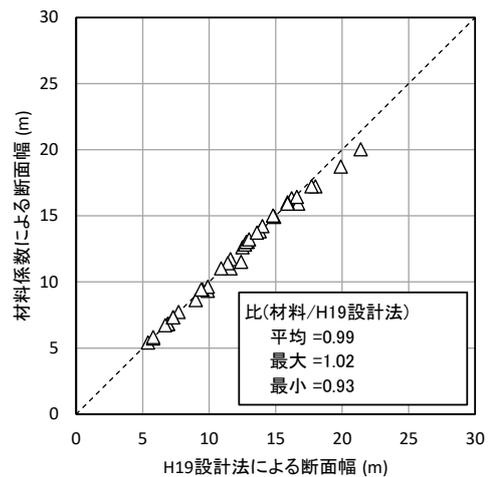
付図-C. 9 材料係数アプローチによる断面幅とH19設計法による断面幅の対比 (上部斜面堤\_緩)



付図-C. 11 材料係数アプローチによる断面幅とH19設計法による断面幅の対比 (上部斜面堤\_急)



付図-C. 10 材料係数アプローチによる断面幅とH19設計法による断面幅の対比 (消波ブロック被覆上部斜面堤\_緩)



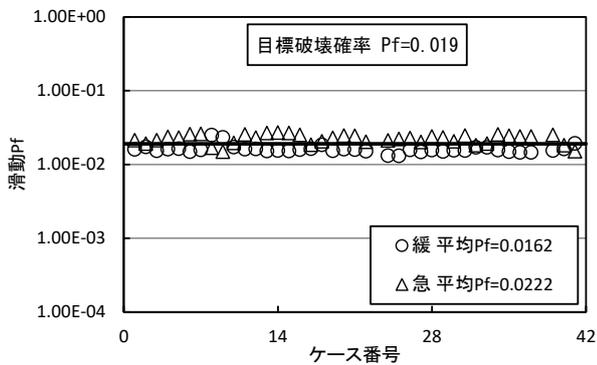
付図-C. 12 材料係数アプローチによる断面幅とH19設計法による断面幅の対比 (消波ブロック被覆上部斜面堤\_急)

(3) 破壊確率の確認

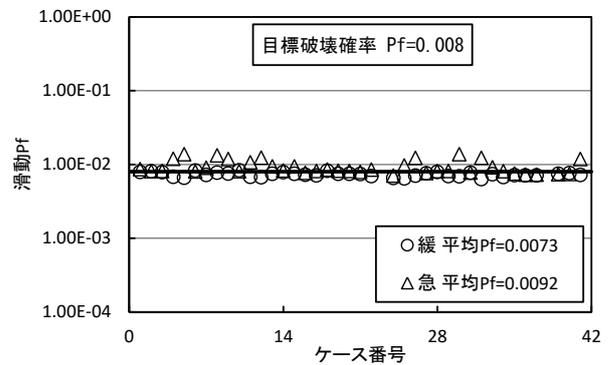
材料係数アプローチに基づく部分係数による断面の破壊確率を算出した。破壊確率の算出に当たっては、本編3章で示した検討条件の下（表-3.2），前節で示した各断面の部分係数の平均値（付表-C.3）を用いて断面を設定し、設定した断面に対してMCSを用いて破壊確率を算出した。付図-C.13～付図-C.16に各断面の破壊確率を示す。また、各断面の破壊確率の平均値、およびその破壊確率の平均値の変動係数を付表-C.4に示す。

付表-C.4 破壊確率および変動係数

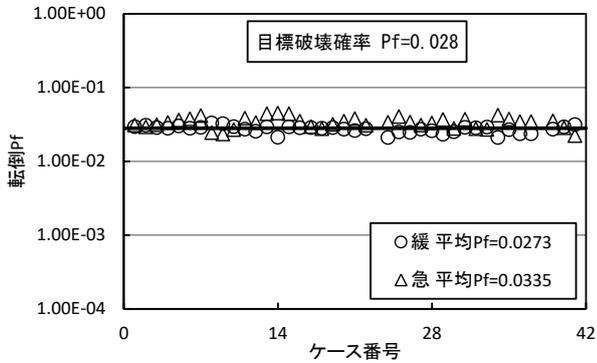
構造形式	破壊モード	目標破壊確率	海底勾配	破壊確率	変動係数
上部斜面堤	滑動	0.019	緩	0.0162	0.135
			急	0.0222	0.142
	転倒	0.028	緩	0.0273	0.105
			急	0.0335	0.166
消波ブロック被覆上部斜面堤	滑動	0.008	緩	0.0073	0.072
			急	0.0092	0.221
	転倒	0.013	緩	0.0138	0.164
			急	0.0173	0.545



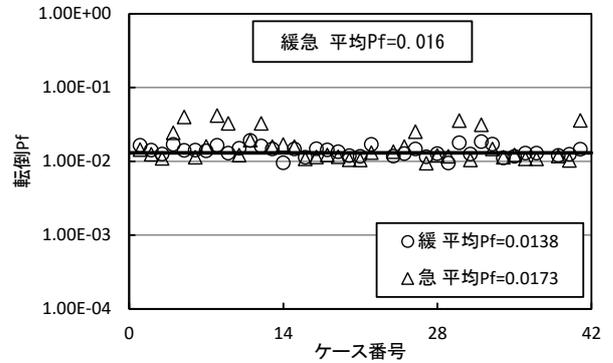
付図-C.13 滑動破壊確率（上部斜面堤）



付図-C.15 滑動破壊確率（消波ブロック被覆上部斜面堤）



付図-C.14 転倒破壊確率（上部斜面堤）



付図-C.16 転倒破壊確率（消波ブロック被覆上部斜面堤）

付録 D 部分係数一覧

本検討において算出した部分係数の一覧を付表-D.1～付表-D.8に示す。各表は、上部斜面堤および消波ブロック被覆上部斜面堤における滑動照査および転倒照査の部分係数であり、海底勾配（緩）と海底勾配（急）の場合に分けて整理している。また、各表には、荷重抵抗係数アプローチA、荷重抵抗係数アプローチB、材料係数アプローチのそれぞれのフォーマットに対する部分係数を示している。なお、表内の空欄は、本検討において除外したケース（No.23, No.38）である。

付表-D.1 部分係数一覧（上部斜面堤／滑動照査／海底勾配（緩））

No.	荷重抵抗係数 アプローチA			荷重抵抗係数 アプローチB						材料係数 アプローチ				
	抵抗 $\gamma_R$	荷重 $\gamma_S$	比 $\gamma_S/\gamma_R$	摩擦係数 $f$	堤体重量 $W$	浮力 $P_B$	揚圧力 $P_U$	鉛直波力 $P_V$	水平波力 $P_H$	摩擦係数 $f$	堤体単重 $\gamma_c$	潮位 $r_{wl}$	設計波高 $H_D$	波力算定 $P$
1	0.84	1.11	1.32	0.85	1.00	1.00	1.12	1.10	1.11	0.85	1.00	1.03	0.97	1.16
2	0.84	1.11	1.32	0.86	1.00	1.00	1.12	1.11	1.11	0.86	1.00	1.03	0.97	1.16
3	0.84	1.10	1.31	0.85	1.00	1.00	1.12	1.09	1.10	0.85	1.00	1.01	0.97	1.15
4	0.84	1.11	1.32	0.86	1.00	1.00	1.12	1.11	1.11	0.86	1.00	1.03	0.97	1.16
5	0.84	1.12	1.33	0.86	1.00	1.00	1.13	1.11	1.12	0.86	1.00	1.05	0.97	1.16
6	0.84	1.10	1.32	0.85	1.00	1.00	1.11	1.09	1.10	0.85	1.00	1.03	0.97	1.15
7	0.84	1.11	1.32	0.86	1.00	1.00	1.12	1.10	1.11	0.86	1.00	1.02	0.97	1.16
8	0.85	1.11	1.31	0.86	1.00	1.00	1.12	1.10	1.11	0.86	1.00	1.02	0.98	1.14
9	0.86	1.12	1.31	0.87	1.00	1.00	1.13	1.12	1.12	0.87	1.00	1.02	0.98	1.15
10	0.85	1.12	1.32	0.86	1.00	1.00	1.13	1.12	1.12	0.86	1.00	1.02	0.98	1.16
11	0.85	1.12	1.32	0.87	1.00	1.00	1.13	1.11	1.12	0.87	1.00	1.01	0.97	1.16
12	0.84	1.11	1.32	0.85	1.00	1.00	1.12	1.10	1.11	0.85	1.00	1.02	0.96	1.16
13	0.84	1.10	1.31	0.85	1.00	1.00	1.11	1.09	1.10	0.85	1.00	1.02	0.97	1.15
14	0.84	1.10	1.31	0.84	1.00	1.00	1.11	1.09	1.10	0.84	1.00	1.02	0.96	1.15
15	0.84	1.10	1.31	0.85	1.00	1.00	1.11	1.09	1.10	0.85	1.00	1.02	0.97	1.15
16	0.84	1.12	1.32	0.86	1.00	1.00	1.13	1.11	1.12	0.86	1.00	1.03	0.97	1.16
17	0.84	1.10	1.31	0.85	1.00	1.01	1.11	1.09	1.10	0.85	1.00	1.06	0.97	1.15
18	0.83	1.11	1.33	0.87	1.00	1.04	1.12	1.10	1.11	0.87	1.00	1.15	0.97	1.15
19	0.84	1.11	1.32	0.85	1.00	1.00	1.12	1.10	1.11	0.85	1.00	1.03	0.97	1.15
20	0.84	1.11	1.32	0.86	1.00	1.00	1.12	1.10	1.11	0.86	1.00	1.03	0.97	1.15
21	0.84	1.11	1.32	0.86	1.00	1.00	1.12	1.10	1.11	0.86	1.00	1.05	0.97	1.15
22	0.84	1.11	1.32	0.85	1.00	1.00	1.12	1.10	1.11	0.85	1.00	1.02	0.96	1.16
23														
24	0.83	1.09	1.32	0.84	1.00	1.01	1.09	1.07	1.09	0.84	1.00	1.04	0.95	1.15
25	0.83	1.10	1.32	0.84	1.00	1.01	1.10	1.08	1.10	0.84	1.00	1.04	0.95	1.16
26	0.83	1.10	1.32	0.85	1.00	1.01	1.11	1.09	1.10	0.85	1.00	1.05	0.96	1.15
27	0.84	1.11	1.32	0.85	1.00	1.00	1.12	1.10	1.11	0.85	1.00	1.03	0.96	1.16
28	0.84	1.11	1.33	0.86	1.00	1.00	1.12	1.11	1.11	0.86	1.00	1.01	0.97	1.16
29	0.84	1.12	1.33	0.86	1.00	1.00	1.13	1.11	1.12	0.86	1.00	1.03	0.97	1.16
30	0.84	1.11	1.32	0.85	1.00	1.00	1.12	1.10	1.11	0.85	1.00	1.00	0.97	1.16
31	0.84	1.12	1.33	0.87	1.00	1.00	1.13	1.11	1.12	0.87	1.00	1.02	0.97	1.16
32	0.84	1.10	1.31	0.85	1.00	1.00	1.11	1.09	1.10	0.85	1.00	1.05	0.97	1.15
33	0.84	1.10	1.32	0.85	1.00	1.00	1.12	1.10	1.10	0.85	1.00	1.06	0.97	1.16
34	0.84	1.10	1.31	0.84	1.00	1.00	1.11	1.09	1.10	0.84	1.00	1.06	0.96	1.15
35	0.84	1.11	1.32	0.86	1.00	1.00	1.12	1.10	1.11	0.86	1.00	1.03	0.97	1.16
36	0.83	1.11	1.32	0.85	1.00	1.01	1.11	1.09	1.11	0.85	1.00	1.03	0.96	1.16
37	0.83	1.11	1.32	0.85	1.00	1.01	1.11	1.09	1.11	0.85	1.00	1.03	0.96	1.16
38														
39	0.84	1.11	1.32	0.86	1.00	1.01	1.12	1.11	1.11	0.86	1.00	1.04	0.97	1.16
40	0.83	1.10	1.31	0.84	1.00	1.01	1.11	1.09	1.10	0.84	1.00	1.03	0.96	1.15
41	0.84	1.11	1.32	0.86	1.00	1.00	1.12	1.10	1.11	0.86	1.00	1.03	0.97	1.16

	荷重抵抗係数 アプローチA			荷重抵抗係数 アプローチB						材料係数 アプローチ				
	抵抗	荷重	比	摩擦係数	堤体重量	浮力	揚圧力	鉛直波力	水平波力	摩擦係数	堤体単重	潮位	設計波高	波力算定
平均	0.84	1.11	1.32	0.85	1.00	1.00	1.12	1.10	1.11	0.85	1.00	1.03	0.97	1.16
標準偏差	0.005	0.008	0.007	0.007	0.001	0.006	0.009	0.010	0.008	0.007	0.001	0.025	0.006	0.005
変動係数	0.006	0.007	0.005	0.009	0.001	0.006	0.008	0.009	0.007	0.009	0.001	0.024	0.007	0.004

上部斜面を有する防波堤のレベル1信頼性設計法に関する検討～滑動照査および転倒照査を対象として～  
高野向後・竹信正寛・宮田正史・佐藤健彦

付表-D.2 部分係数一覧（上部斜面堤／転倒照査／海底勾配（緩））

No.	荷重抵抗係数 アプローチA			荷重抵抗係数 アプローチB					材料係数 アプローチ			
	抵抗 $\gamma_R$	荷重 $\gamma_S$	比 $\gamma_S/\gamma_R$	堤体重量 W	浮力 $P_B$	揚圧力 $P_U$	鉛直波力 $P_V$	水平波力 $P_H$	堤体単重 $\gamma_c$	潮位 $r_{wl}$	設計波高 $H_D$	波力算定 P
1	0.98	1.17	1.20	1.00	1.00	1.17	1.17	1.17	1.00	1.04	0.99	1.19
2	0.98	1.17	1.20	1.00	1.00	1.17	1.17	1.17	1.00	1.03	0.99	1.18
3	0.98	1.17	1.19	1.00	1.00	1.17	1.17	1.17	1.00	1.03	1.00	1.18
4	0.97	1.17	1.20	1.00	1.00	1.17	1.17	1.17	1.00	1.03	0.99	1.19
5	0.97	1.17	1.20	1.00	1.00	1.17	1.17	1.17	1.00	1.04	0.99	1.19
6	0.97	1.17	1.20	1.00	1.00	1.17	1.17	1.17	1.00	1.02	0.99	1.18
7	0.97	1.17	1.20	1.00	1.00	1.17	1.17	1.17	1.00	1.02	0.99	1.19
8	1.00	1.17	1.17	1.00	1.00	1.17	1.17	1.17	1.00	1.02	1.00	1.17
9	0.99	1.17	1.19	1.00	1.00	1.17	1.17	1.17	1.00	1.01	1.00	1.17
10	0.98	1.17	1.20	1.00	1.00	1.17	1.17	1.17	1.00	1.02	1.00	1.18
11	0.97	1.17	1.20	1.00	1.00	1.17	1.17	1.17	1.00	1.01	0.99	1.18
12	0.97	1.17	1.20	1.00	1.00	1.17	1.16	1.17	1.00	1.04	0.98	1.19
13	0.99	1.17	1.19	1.00	1.00	1.17	1.17	1.17	1.00	1.02	0.99	1.18
14	0.99	1.17	1.19	1.00	1.00	1.17	1.17	1.17	1.00	1.02	0.99	1.18
15	0.99	1.17	1.19	1.00	1.00	1.17	1.17	1.17	1.00	1.02	0.99	1.18
16	0.97	1.17	1.20	1.00	1.00	1.17	1.17	1.17	1.00	1.03	0.99	1.18
17	0.98	1.17	1.20	1.00	1.01	1.17	1.17	1.17	1.00	1.08	0.99	1.18
18	0.96	1.15	1.20	1.00	1.04	1.16	1.15	1.15	1.00	1.17	0.99	1.17
19	0.97	1.17	1.21	1.00	1.00	1.17	1.17	1.17	1.00	1.05	0.99	1.18
20	0.97	1.17	1.20	1.00	1.00	1.17	1.17	1.17	1.00	1.06	0.99	1.19
21	0.97	1.17	1.20	1.00	1.00	1.17	1.17	1.17	1.00	1.05	0.99	1.18
22	0.97	1.17	1.20	1.00	1.01	1.17	1.17	1.17	1.00	1.04	0.99	1.19
23												
24	0.98	1.16	1.19	0.99	1.01	1.17	1.16	1.16	0.99	1.05	0.98	1.19
25	0.98	1.16	1.19	1.00	1.01	1.17	1.16	1.16	1.00	1.06	0.98	1.19
26	0.98	1.16	1.19	1.00	1.01	1.17	1.16	1.16	1.00	1.05	0.98	1.19
27	0.97	1.17	1.20	1.00	1.01	1.17	1.17	1.17	1.00	1.04	0.99	1.18
28	0.97	1.17	1.20	1.00	1.00	1.17	1.17	1.17	1.00	1.02	0.99	1.19
29	0.96	1.17	1.21	1.00	1.00	1.17	1.17	1.17	1.00	1.06	0.99	1.19
30	0.98	1.17	1.19	1.00	1.00	1.17	1.17	1.17	1.00	1.02	0.99	1.18
31	0.97	1.17	1.21	1.00	1.00	1.17	1.17	1.17	1.00	1.03	0.99	1.18
32	0.99	1.17	1.18	1.00	1.00	1.17	1.17	1.17	1.00	1.05	0.99	1.18
33	0.98	1.17	1.20	1.00	1.00	1.17	1.17	1.17	1.00	1.07	0.99	1.19
34	0.98	1.17	1.19	1.00	1.01	1.17	1.16	1.17	1.00	1.08	0.98	1.19
35	0.97	1.17	1.21	1.00	1.00	1.17	1.17	1.17	1.00	1.02	0.99	1.19
36	0.97	1.17	1.21	1.00	1.00	1.17	1.16	1.17	1.00	1.03	0.98	1.19
37	0.97	1.17	1.21	1.00	1.00	1.17	1.16	1.17	1.00	1.03	0.98	1.19
38												
39	0.97	1.16	1.20	1.00	1.02	1.17	1.16	1.16	1.00	1.06	0.99	1.18
40	0.97	1.17	1.20	1.00	1.01	1.17	1.16	1.17	1.00	1.04	0.99	1.18
41	0.98	1.17	1.19	1.00	1.01	1.17	1.17	1.17	1.00	1.03	0.99	1.18

	荷重抵抗係数 アプローチA			荷重抵抗係数 アプローチB					材料係数 アプローチ			
	抵抗	荷重	比	堤体重量	浮力	揚圧力	鉛直波力	水平波力	堤体単重	潮位	設計波高	波力算定
平均	0.98	1.17	1.19	1.00	1.00	1.17	1.17	1.17	1.00	1.04	0.99	1.18
標準偏差	0.007	0.004	0.008	0.001	0.006	0.003	0.004	0.004	0.001	0.028	0.005	0.005
変動係数	0.008	0.003	0.007	0.001	0.006	0.003	0.003	0.003	0.001	0.027	0.005	0.004

付表-D.3 部分係数一覧（消波ブロック被覆上部斜面堤／滑動照査／海底勾配（緩））

No.	荷重抵抗係数 アプローチA			荷重抵抗係数 アプローチB						材料係数 アプローチ				
	抵抗 $\gamma_R$	荷重 $\gamma_S$	比 $\gamma_S/\gamma_R$	摩擦係数 $f$	堤体重量 $W$	浮力 $P_B$	揚圧力 $P_U$	鉛直波力 $P_V$	水平波力 $P_H$	摩擦係数 $f$	堤体単重 $\gamma_c$	潮位 $r_{wl}$	設計波高 $H_D$	波力算定 $P$
1	0.75	0.94	1.25	0.76	1.00	1.00	0.95	0.93	0.94	0.76	1.00	1.03	0.97	0.98
2	0.76	0.95	1.25	0.76	1.00	1.00	0.95	0.94	0.95	0.76	1.00	1.02	0.98	0.98
3	0.76	0.95	1.25	0.76	1.00	1.00	0.95	0.93	0.95	0.76	1.00	1.04	0.98	0.97
4	0.76	0.95	1.25	0.77	1.00	1.00	0.96	0.95	0.95	0.77	1.00	1.03	0.98	0.98
5	0.77	0.96	1.25	0.77	1.00	1.00	0.96	0.95	0.96	0.77	1.00	1.05	0.98	0.98
6	0.76	0.96	1.25	0.77	1.00	1.00	0.96	0.95	0.96	0.77	1.00	1.03	0.98	0.98
7	0.76	0.95	1.25	0.76	1.00	1.00	0.96	0.94	0.95	0.76	1.00	1.02	0.97	0.98
8	0.75	0.94	1.25	0.76	1.00	1.00	0.94	0.93	0.94	0.76	1.00	1.02	0.97	0.97
9	0.75	0.94	1.25	0.76	1.00	1.00	0.95	0.93	0.94	0.76	1.00	1.02	0.97	0.97
10	0.77	0.96	1.25	0.77	1.00	1.00	0.96	0.95	0.96	0.77	1.00	1.03	0.98	0.98
11	0.76	0.96	1.25	0.77	1.00	1.00	0.96	0.95	0.96	0.77	1.00	1.02	0.98	0.98
12	0.77	0.96	1.25	0.77	1.00	1.01	0.96	0.95	0.96	0.77	1.00	1.04	0.98	0.98
13	0.75	0.95	1.25	0.76	1.00	1.00	0.95	0.94	0.95	0.76	1.00	1.01	0.97	0.98
14	0.75	0.94	1.25	0.76	1.00	1.00	0.95	0.93	0.94	0.76	1.00	1.01	0.97	0.97
15	0.75	0.95	1.25	0.76	1.00	1.00	0.95	0.94	0.95	0.76	1.00	1.01	0.97	0.98
16	0.76	0.96	1.25	0.77	1.00	1.00	0.96	0.95	0.96	0.77	1.00	1.02	0.98	0.98
17	0.75	0.94	1.25	0.76	1.00	1.01	0.95	0.93	0.94	0.76	1.00	1.08	0.97	0.98
18	0.75	0.95	1.26	0.78	1.00	1.04	0.96	0.94	0.95	0.78	1.00	1.18	0.98	0.98
19	0.76	0.95	1.25	0.77	1.00	1.00	0.96	0.94	0.95	0.77	1.00	1.06	0.98	0.98
20	0.76	0.95	1.25	0.76	1.00	1.00	0.95	0.94	0.95	0.76	1.00	1.06	0.97	0.98
21	0.75	0.95	1.25	0.76	1.00	1.00	0.95	0.93	0.95	0.76	1.00	1.05	0.97	0.98
22	0.76	0.95	1.25	0.77	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95	0.77	1.00	1.03	0.98	0.98
23														
24	0.75	0.95	1.26	0.76	1.00	1.01	0.95	0.94	0.95	0.76	1.00	1.05	0.97	0.98
25	0.75	0.95	1.26	0.76	1.00	1.01	0.95	0.94	0.95	0.76	1.00	1.04	0.97	0.98
26	0.76	0.95	1.26	0.77	1.00	1.01	0.95	0.95	0.95	0.77	1.00	1.06	0.97	0.98
27	0.76	0.96	1.25	0.77	1.00	1.00	0.96	0.95	0.96	0.77	1.00	1.02	0.98	0.98
28	0.76	0.96	1.25	0.77	1.00	1.00	0.96	0.95	0.96	0.77	1.00	1.02	0.98	0.98
29	0.76	0.95	1.25	0.77	1.00	1.00	0.96	0.94	0.95	0.77	1.00	1.06	0.97	0.98
30	0.76	0.95	1.25	0.76	1.00	1.00	0.95	0.94	0.95	0.76	1.00	1.03	0.97	0.98
31	0.77	0.96	1.25	0.77	1.00	1.00	0.96	0.95	0.96	0.77	1.00	1.02	0.98	0.98
32	0.75	0.95	1.26	0.76	1.00	1.00	0.95	0.94	0.95	0.76	1.00	1.05	0.97	0.98
33	0.75	0.94	1.25	0.76	1.00	1.00	0.95	0.93	0.94	0.76	1.00	1.05	0.97	0.98
34	0.75	0.94	1.26	0.76	1.00	1.01	0.94	0.93	0.94	0.76	1.00	1.08	0.97	0.97
35	0.76	0.95	1.25	0.76	1.00	1.00	0.95	0.94	0.95	0.76	1.00	1.02	0.98	0.98
36	0.76	0.96	1.25	0.77	1.00	1.00	0.96	0.95	0.96	0.77	1.00	1.03	0.98	0.98
37	0.76	0.96	1.25	0.77	1.00	1.00	0.96	0.95	0.96	0.77	1.00	1.03	0.98	0.98
38														
39	0.76	0.95	1.26	0.77	1.00	1.02	0.95	0.94	0.95	0.77	1.00	1.06	0.97	0.98
40	0.75	0.95	1.25	0.76	1.00	1.01	0.95	0.94	0.95	0.76	1.00	1.04	0.97	0.98
41	0.75	0.94	1.26	0.76	1.00	1.01	0.94	0.93	0.94	0.76	1.00	1.04	0.97	0.97

	荷重抵抗係数 アプローチA			荷重抵抗係数 アプローチB						材料係数 アプローチ				
	抵抗	荷重	比	摩擦係数	堤体重量	浮力	揚圧力	鉛直波力	水平波力	摩擦係数	堤体単重	潮位	設計波高	波力算定
平均	0.76	0.95	1.25	0.76	1.00	1.00	0.95	0.94	0.95	0.76	1.00	1.04	0.97	0.98
標準偏差	0.006	0.006	0.003	0.005	0.001	0.007	0.006	0.007	0.006	0.005	0.001	0.029	0.004	0.003
変動係数	0.007	0.007	0.002	0.006	0.001	0.007	0.006	0.008	0.007	0.006	0.001	0.028	0.004	0.003

付表-D.4 部分係数一覧（消波ブロック被覆上部斜面堤／転倒照査／海底勾配（緩））

No.	荷重抵抗係数 アプローチA			荷重抵抗係数 アプローチB					材料係数 アプローチ			
	抵抗 $\gamma_R$	荷重 $\gamma_S$	比 $\gamma_S/\gamma_R$	堤体重量 W	浮力 $P_B$	揚圧力 $P_U$	鉛直波力 $P_V$	水平波力 $P_H$	堤体単重 $\gamma_c$	潮位 $r_{wl}$	設計波高 $H_D$	波力算定 P
1	0.98	1.06	1.07	0.99	1.00	1.05	1.06	1.06	0.99	1.04	1.03	1.02
2	0.99	1.06	1.07	0.99	1.00	1.05	1.07	1.06	0.99	1.04	1.04	1.02
3	0.99	1.07	1.08	0.99	1.00	1.05	1.08	1.07	0.99	1.03	1.04	1.01
4	0.98	1.06	1.07	0.99	1.00	1.05	1.06	1.06	0.99	1.06	1.03	1.01
5	0.98	1.06	1.08	0.99	1.00	1.05	1.07	1.06	0.99	1.06	1.03	1.02
6	0.99	1.06	1.08	0.99	1.00	1.05	1.07	1.06	0.99	1.04	1.04	1.02
7	0.98	1.05	1.07	0.99	1.00	1.05	1.06	1.05	0.99	1.03	1.03	1.02
8	1.00	1.07	1.07	0.99	1.00	1.05	1.08	1.07	0.99	1.02	1.04	1.01
9	1.00	1.07	1.07	0.99	1.00	1.05	1.08	1.07	0.99	1.03	1.04	1.01
10	0.99	1.06	1.07	0.99	1.00	1.05	1.07	1.06	0.99	1.03	1.04	1.01
11	0.99	1.06	1.07	0.99	1.00	1.05	1.07	1.06	0.99	1.02	1.04	1.01
12	0.98	1.05	1.08	0.99	1.01	1.05	1.06	1.05	0.99	1.04	1.03	1.02
13	0.99	1.06	1.07	0.99	1.00	1.05	1.07	1.06	0.99	1.02	1.04	1.01
14	0.98	1.05	1.07	0.99	1.00	1.05	1.06	1.05	0.99	1.03	1.03	1.02
15	0.99	1.06	1.07	0.99	1.00	1.05	1.07	1.06	0.99	1.02	1.04	1.01
16	0.98	1.06	1.08	0.99	1.01	1.05	1.07	1.06	0.99	1.04	1.04	1.01
17	0.98	1.06	1.08	0.99	1.01	1.05	1.07	1.06	0.99	1.11	1.04	1.01
18	0.96	1.05	1.09	0.99	1.05	1.04	1.05	1.05	0.99	1.24	1.03	1.00
19	0.99	1.06	1.08	0.99	1.01	1.05	1.07	1.06	0.99	1.08	1.04	1.01
20	0.99	1.06	1.08	0.99	1.01	1.05	1.07	1.06	0.99	1.08	1.04	1.01
21	0.98	1.06	1.08	0.99	1.00	1.05	1.07	1.06	0.99	1.07	1.04	1.01
22	0.98	1.05	1.08	0.99	1.01	1.05	1.06	1.05	0.99	1.05	1.03	1.01
23												
24	0.97	1.05	1.08	0.99	1.01	1.04	1.05	1.05	0.99	1.08	1.03	1.02
25	0.97	1.05	1.08	0.99	1.01	1.05	1.06	1.05	0.99	1.07	1.03	1.02
26	0.97	1.04	1.08	0.99	1.02	1.04	1.05	1.04	0.99	1.08	1.03	1.01
27	0.98	1.06	1.08	0.99	1.01	1.05	1.07	1.06	0.99	1.05	1.04	1.01
28	0.98	1.06	1.07	0.99	1.00	1.05	1.07	1.06	0.99	1.03	1.03	1.02
29	0.98	1.06	1.08	0.99	1.01	1.05	1.07	1.06	0.99	1.09	1.03	1.01
30	0.98	1.05	1.07	0.99	1.00	1.05	1.06	1.05	0.99	1.04	1.03	1.02
31	0.98	1.06	1.08	0.99	1.00	1.05	1.07	1.06	0.99	1.04	1.03	1.02
32	0.99	1.06	1.07	0.99	1.01	1.05	1.06	1.06	0.99	1.08	1.03	1.02
33	0.98	1.06	1.07	0.99	1.01	1.05	1.06	1.06	0.99	1.09	1.03	1.01
34	0.98	1.05	1.07	0.99	1.01	1.05	1.06	1.05	0.99	1.09	1.03	1.02
35	0.98	1.06	1.08	0.99	1.01	1.05	1.07	1.06	0.99	1.04	1.03	1.01
36	0.98	1.06	1.08	0.99	1.01	1.05	1.07	1.06	0.99	1.05	1.03	1.02
37	0.98	1.06	1.08	0.99	1.01	1.05	1.07	1.06	0.99	1.05	1.03	1.02
38												
39	0.97	1.05	1.08	0.99	1.02	1.04	1.05	1.05	0.99	1.09	1.03	1.01
40	0.98	1.06	1.08	0.99	1.01	1.05	1.06	1.06	0.99	1.06	1.03	1.01
41	1.00	1.07	1.07	0.99	1.01	1.05	1.07	1.07	0.99	1.05	1.04	1.01

	荷重抵抗係数 アプローチA			荷重抵抗係数 アプローチB					材料係数 アプローチ			
	抵抗	荷重	比	堤体重量	浮力	揚圧力	鉛直波力	水平波力	堤体単重	潮位	設計波高	波力算定
平均	0.98	1.06	1.08	0.99	1.01	1.05	1.07	1.06	0.99	1.06	1.03	1.01
標準偏差	0.007	0.006	0.004	0.001	0.008	0.003	0.007	0.006	0.001	0.038	0.004	0.003
変動係数	0.008	0.005	0.004	0.001	0.008	0.003	0.007	0.005	0.001	0.036	0.003	0.003

付表-D.5 部分係数一覧（上部斜面堤／滑動照査／海底勾配（急））

No.	荷重抵抗係数 アプローチA			荷重抵抗係数 アプローチB						材料係数 アプローチ				
	抵抗 $\gamma_R$	荷重 $\gamma_S$	比 $\gamma_S/\gamma_R$	摩擦係数 $f$	堤体重量 $W$	浮力 $P_B$	揚圧力 $P_U$	鉛直波力 $P_V$	水平波力 $P_H$	摩擦係数 $f$	堤体単重 $\gamma_c$	潮位 $r_{wl}$	設計波高 $H_D$	波力算定 $P$
1	0.85	1.30	1.54	0.87	1.00	1.00	1.27	1.33	1.30	0.87	1.00	1.02	1.09	1.16
2	0.85	1.33	1.55	0.88	1.00	1.00	1.28	1.35	1.33	0.88	1.00	1.04	1.11	1.15
3	0.87	1.34	1.55	0.87	1.00	1.00	1.27	1.37	1.34	0.87	1.00	1.02	1.11	1.14
4	0.84	1.30	1.54	0.87	1.00	1.00	1.27	1.32	1.30	0.87	1.00	1.05	1.10	1.15
5	0.84	1.30	1.55	0.87	1.00	1.00	1.27	1.33	1.30	0.87	1.00	1.03	1.09	1.16
6	0.85	1.30	1.53	0.87	1.00	1.00	1.26	1.33	1.30	0.87	1.00	1.03	1.10	1.15
7	0.85	1.30	1.54	0.88	1.00	1.00	1.27	1.33	1.30	0.88	1.00	1.01	1.10	1.15
8	0.86	1.33	1.54	0.87	1.00	1.00	1.26	1.35	1.33	0.87	1.00	1.01	1.11	1.14
9	0.86	1.34	1.56	0.88	1.00	1.00	1.28	1.38	1.34	0.88	1.00	1.02	1.11	1.15
10	0.86	1.33	1.56	0.88	1.00	1.00	1.28	1.36	1.33	0.88	1.00	1.01	1.11	1.15
11	0.85	1.32	1.56	0.88	1.00	1.00	1.28	1.36	1.32	0.88	1.00	1.01	1.11	1.15
12	0.84	1.28	1.52	0.87	1.00	1.00	1.26	1.31	1.28	0.87	1.00	1.02	1.09	1.16
13	0.85	1.27	1.50	0.85	1.00	1.00	1.25	1.30	1.27	0.85	1.00	1.01	1.09	1.15
14	0.85	1.27	1.50	0.85	1.00	1.00	1.25	1.30	1.27	0.85	1.00	1.01	1.09	1.15
15	0.85	1.27	1.50	0.85	1.00	1.00	1.25	1.30	1.27	0.85	1.00	1.01	1.09	1.15
16	0.85	1.32	1.56	0.88	1.00	1.00	1.27	1.35	1.32	0.88	1.00	1.03	1.11	1.15
17	0.85	1.30	1.52	0.86	1.00	1.01	1.26	1.33	1.30	0.86	1.00	1.06	1.10	1.14
18	0.84	1.31	1.56	0.88	1.00	1.04	1.26	1.33	1.31	0.88	1.00	1.16	1.10	1.15
19	0.85	1.30	1.54	0.87	1.00	1.00	1.26	1.33	1.30	0.87	1.00	1.04	1.10	1.15
20	0.85	1.31	1.54	0.87	1.00	1.00	1.27	1.35	1.31	0.87	1.00	1.04	1.10	1.15
21	0.85	1.31	1.53	0.87	1.00	1.00	1.27	1.34	1.31	0.87	1.00	1.03	1.10	1.15
22	0.84	1.29	1.53	0.87	1.00	1.00	1.26	1.31	1.29	0.87	1.00	1.03	1.10	1.15
23														
24	0.84	1.23	1.48	0.85	1.00	1.01	1.23	1.26	1.23	0.85	1.00	1.04	1.07	1.14
25	0.83	1.23	1.48	0.84	1.00	1.01	1.23	1.26	1.23	0.84	1.00	1.04	1.07	1.14
26	0.83	1.26	1.51	0.86	1.00	1.01	1.25	1.28	1.26	0.86	1.00	1.05	1.09	1.15
27	0.85	1.29	1.53	0.86	1.00	1.00	1.26	1.32	1.29	0.86	1.00	1.01	1.10	1.15
28	0.84	1.29	1.54	0.87	1.00	1.00	1.27	1.32	1.29	0.87	1.00	1.02	1.10	1.15
29	0.84	1.30	1.55	0.87	1.00	1.00	1.27	1.33	1.30	0.87	1.00	1.04	1.10	1.16
30	0.85	1.29	1.52	0.87	1.00	1.00	1.27	1.32	1.29	0.87	1.00	1.02	1.10	1.15
31	0.84	1.32	1.56	0.88	1.00	1.00	1.28	1.34	1.32	0.88	1.00	1.02	1.10	1.16
32	0.85	1.28	1.50	0.86	1.00	1.00	1.25	1.30	1.28	0.86	1.00	1.02	1.09	1.15
33	0.85	1.30	1.54	0.87	1.00	1.00	1.27	1.32	1.30	0.87	1.00	1.05	1.10	1.16
34	0.84	1.26	1.49	0.85	1.00	1.00	1.24	1.28	1.26	0.85	1.00	1.06	1.08	1.15
35	0.84	1.29	1.54	0.87	1.00	1.00	1.26	1.32	1.29	0.87	1.00	1.02	1.09	1.16
36	0.84	1.27	1.52	0.86	1.00	1.00	1.26	1.32	1.27	0.86	1.00	1.02	1.09	1.16
37	0.84	1.27	1.52	0.86	1.00	1.00	1.26	1.32	1.27	0.86	1.00	1.02	1.09	1.16
38														
39	0.84	1.30	1.54	0.87	1.00	1.01	1.26	1.31	1.30	0.87	1.00	1.04	1.10	1.15
40	0.84	1.27	1.51	0.86	1.00	1.01	1.25	1.29	1.27	0.86	1.00	1.03	1.09	1.15
41	0.85	1.32	1.55	0.88	1.00	1.01	1.27	1.34	1.32	0.88	1.00	1.03	1.10	1.16

	荷重抵抗係数 アプローチA			荷重抵抗係数 アプローチB						材料係数 アプローチ				
	抵抗	荷重	比	摩擦係数	堤体重量	浮力	揚圧力	鉛直波力	水平波力	摩擦係数	堤体単重	潮位	設計波高	波力算定
平均	0.85	1.29	1.52	0.87	1.00	1.00	1.26	1.32	1.29	0.87	1.00	1.03	1.10	1.15
標準偏差	0.008	0.026	0.023	0.010	0.001	0.006	0.013	0.027	0.026	0.010	0.001	0.025	0.009	0.005
変動係数	0.009	0.020	0.015	0.011	0.001	0.006	0.010	0.021	0.020	0.011	0.001	0.024	0.009	0.005

上部斜面を有する防波堤のレベル1信頼性設計法に関する検討～滑動照査および転倒照査を対象として～  
高野向後・竹信正寛・宮田正史・佐藤健彦

付表-D.6 部分係数一覧（上部斜面堤／転倒照査／海底勾配（急））

No.	荷重抵抗係数 アプローチA			荷重抵抗係数 アプローチB					材料係数 アプローチ			
	抵抗 $\gamma_R$	荷重 $\gamma_S$	比 $\gamma_S/\gamma_R$	堤体重量 W	浮力 $P_B$	揚圧力 $P_U$	鉛直波力 $P_V$	水平波力 $P_H$	堤体単重 $\gamma_c$	潮位 $r_{wl}$	設計波高 $H_D$	波力算定 P
1	0.97	1.36	1.40	1.00	1.00	1.31	1.38	1.36	1.00	1.03	1.12	1.17
2	0.97	1.38	1.41	1.00	1.00	1.31	1.39	1.38	1.00	1.03	1.12	1.17
3	0.99	1.41	1.42	1.00	1.00	1.31	1.43	1.41	1.00	1.03	1.13	1.16
4	0.97	1.36	1.40	1.00	1.00	1.31	1.37	1.36	1.00	1.03	1.12	1.17
5	0.96	1.35	1.41	1.00	1.00	1.31	1.38	1.35	1.00	1.06	1.11	1.18
6	0.97	1.37	1.41	1.00	1.00	1.31	1.39	1.37	1.00	1.03	1.12	1.17
7	0.96	1.35	1.40	1.00	1.00	1.31	1.38	1.35	1.00	1.02	1.12	1.17
8	1.01	1.39	1.37	1.00	1.00	1.31	1.40	1.39	1.00	1.01	1.13	1.16
9	1.00	1.40	1.40	1.00	1.00	1.31	1.42	1.40	1.00	1.02	1.13	1.16
10	0.98	1.38	1.41	1.00	1.00	1.31	1.40	1.38	1.00	1.03	1.12	1.17
11	0.96	1.37	1.42	1.00	1.00	1.31	1.40	1.37	1.00	1.02	1.12	1.17
12	0.96	1.34	1.39	1.00	1.00	1.31	1.37	1.34	1.00	1.03	1.11	1.18
13	0.99	1.34	1.36	1.00	1.00	1.31	1.38	1.34	1.00	1.02	1.12	1.17
14	0.99	1.34	1.36	1.00	1.00	1.31	1.38	1.34	1.00	1.02	1.12	1.17
15	0.99	1.34	1.36	1.00	1.00	1.31	1.38	1.34	1.00	1.02	1.12	1.17
16	0.97	1.37	1.42	1.00	1.00	1.31	1.40	1.37	1.00	1.02	1.12	1.17
17	0.98	1.37	1.40	1.00	1.01	1.31	1.39	1.37	1.00	1.07	1.12	1.17
18	0.97	1.37	1.41	1.00	1.04	1.30	1.37	1.37	1.00	1.16	1.12	1.16
19	0.97	1.37	1.42	1.00	1.00	1.31	1.39	1.37	1.00	1.05	1.12	1.17
20	0.97	1.38	1.42	1.00	1.00	1.31	1.40	1.38	1.00	1.05	1.12	1.17
21	0.97	1.37	1.41	1.00	1.00	1.31	1.40	1.37	1.00	1.05	1.12	1.17
22	0.97	1.35	1.39	1.00	1.01	1.31	1.36	1.35	1.00	1.04	1.11	1.18
23												
24	0.98	1.32	1.35	1.00	1.01	1.30	1.35	1.32	1.00	1.05	1.10	1.18
25	0.98	1.32	1.35	1.00	1.01	1.31	1.35	1.32	1.00	1.05	1.11	1.18
26	0.98	1.32	1.36	1.00	1.01	1.30	1.34	1.32	1.00	1.05	1.11	1.17
27	0.97	1.37	1.41	1.00	1.01	1.31	1.38	1.37	1.00	1.03	1.12	1.18
28	0.97	1.35	1.40	1.00	1.00	1.31	1.37	1.35	1.00	1.02	1.11	1.18
29	0.95	1.36	1.42	1.00	1.00	1.31	1.39	1.36	1.00	1.06	1.12	1.17
30	0.98	1.35	1.39	1.00	1.00	1.31	1.37	1.35	1.00	1.01	1.12	1.17
31	0.96	1.36	1.42	1.00	1.00	1.31	1.38	1.36	1.00	1.02	1.12	1.17
32	0.99	1.36	1.37	1.00	1.00	1.31	1.38	1.36	1.00	1.06	1.12	1.17
33	0.98	1.36	1.39	1.00	1.00	1.31	1.38	1.36	1.00	1.06	1.12	1.17
34	0.98	1.33	1.36	1.00	1.00	1.31	1.36	1.33	1.00	1.06	1.11	1.18
35	0.96	1.36	1.42	1.00	1.00	1.31	1.39	1.36	1.00	1.03	1.12	1.18
36	0.96	1.34	1.40	1.00	1.00	1.31	1.39	1.34	1.00	1.03	1.11	1.18
37	0.96	1.34	1.40	1.00	1.00	1.31	1.39	1.34	1.00	1.03	1.11	1.18
38												
39	0.97	1.36	1.40	1.00	1.02	1.31	1.37	1.36	1.00	1.06	1.12	1.17
40	0.97	1.35	1.40	1.00	1.01	1.31	1.37	1.35	1.00	1.04	1.11	1.18
41	1.00	1.38	1.38	1.00	1.01	1.31	1.39	1.38	1.00	1.04	1.12	1.17

	荷重抵抗係数 アプローチA			荷重抵抗係数 アプローチB					材料係数 アプローチ			
	抵抗	荷重	比	堤体重量	浮力	揚圧力	鉛直波力	水平波力	堤体単重	潮位	設計波高	波力算定
平均	0.97	1.36	1.40	1.00	1.00	1.31	1.38	1.36	1.00	1.04	1.12	1.17
標準偏差	0.012	0.020	0.022	0.001	0.006	0.003	0.019	0.020	0.001	0.026	0.006	0.005
変動係数	0.013	0.015	0.016	0.001	0.006	0.003	0.014	0.015	0.001	0.025	0.005	0.005

付表-D.7 部分係数一覧（消波ブロック被覆上部斜面堤／滑動照査／海底勾配（急））

No.	荷重抵抗係数 アプローチA			荷重抵抗係数 アプローチB						材料係数 アプローチ				
	抵抗 $\gamma_R$	荷重 $\gamma_S$	比 $\gamma_S/\gamma_R$	摩擦係数 $f$	堤体重量 $W$	浮力 $P_B$	揚圧力 $P_U$	鉛直波力 $P_V$	水平波力 $P_H$	摩擦係数 $f$	堤体単重 $\gamma_c$	潮位 $r_{wl}$	設計波高 $H_D$	波力算定 $P$
1	0.77	1.09	1.41	0.77	1.00	1.00	1.08	1.13	1.09	0.77	1.00	1.03	1.10	0.98
2	0.78	1.10	1.41	0.78	1.00	1.00	1.09	1.15	1.10	0.78	1.00	1.03	1.11	0.98
3	0.78	1.10	1.41	0.77	1.00	1.00	1.08	1.17	1.10	0.77	1.00	1.02	1.11	0.98
4	0.78	1.10	1.42	0.78	1.00	1.00	1.09	1.14	1.10	0.78	1.00	1.03	1.11	0.98
5	0.77	1.10	1.42	0.78	1.00	1.00	1.09	1.14	1.10	0.78	1.00	1.06	1.11	0.98
6	0.77	1.09	1.41	0.77	1.00	1.00	1.08	1.14	1.09	0.77	1.00	1.03	1.10	0.98
7	0.77	1.09	1.42	0.78	1.00	1.00	1.09	1.14	1.09	0.78	1.00	1.02	1.11	0.98
8	0.78	1.10	1.41	0.77	1.00	1.00	1.07	1.14	1.10	0.77	1.00	1.02	1.11	0.97
9	0.78	1.11	1.42	0.78	1.00	1.00	1.08	1.16	1.11	0.78	1.00	1.01	1.11	0.97
10	0.78	1.11	1.42	0.78	1.00	1.00	1.09	1.17	1.11	0.78	1.00	1.01	1.11	0.98
11	0.77	1.10	1.42	0.78	1.00	1.00	1.09	1.15	1.10	0.78	1.00	1.02	1.11	0.98
12	0.77	1.09	1.42	0.78	0.99	1.00	1.09	1.13	1.09	0.78	0.99	1.03	1.11	0.98
13	0.77	1.08	1.41	0.77	1.00	1.00	1.08	1.13	1.08	0.77	1.00	1.01	1.10	0.97
14	0.77	1.08	1.41	0.77	1.00	1.00	1.07	1.12	1.08	0.77	1.00	1.02	1.10	0.97
15	0.77	1.08	1.41	0.77	1.00	1.00	1.08	1.13	1.08	0.77	1.00	1.01	1.10	0.97
16	0.77	1.09	1.42	0.78	1.00	1.00	1.08	1.14	1.09	0.78	1.00	1.03	1.11	0.98
17	0.77	1.09	1.41	0.77	1.00	1.01	1.08	1.14	1.09	0.77	1.00	1.07	1.10	0.98
18	0.77	1.10	1.43	0.78	1.00	1.04	1.08	1.14	1.10	0.78	1.00	1.17	1.11	0.98
19	0.78	1.10	1.41	0.78	1.00	1.00	1.09	1.15	1.10	0.78	1.00	1.05	1.11	0.98
20	0.78	1.10	1.41	0.78	1.00	1.00	1.09	1.15	1.10	0.78	1.00	1.05	1.11	0.98
21	0.78	1.10	1.41	0.78	1.00	1.00	1.08	1.15	1.10	0.78	1.00	1.06	1.11	0.98
22	0.77	1.09	1.42	0.78	1.00	1.01	1.09	1.13	1.09	0.78	1.00	1.03	1.11	0.98
23														
24	0.76	1.07	1.41	0.77	1.00	1.01	1.07	1.10	1.07	0.77	1.00	1.05	1.10	0.98
25	0.77	1.08	1.41	0.78	1.00	1.01	1.08	1.11	1.08	0.78	1.00	1.05	1.10	0.98
26	0.76	1.08	1.42	0.78	1.00	1.02	1.07	1.10	1.08	0.78	1.00	1.06	1.10	0.98
27	0.78	1.10	1.42	0.78	1.00	1.00	1.09	1.15	1.10	0.78	1.00	1.03	1.11	0.98
28	0.77	1.09	1.42	0.78	1.00	1.00	1.08	1.13	1.09	0.78	1.00	1.03	1.10	0.98
29	0.78	1.10	1.42	0.78	1.00	1.00	1.09	1.15	1.10	0.78	1.00	1.06	1.11	0.98
30	0.77	1.09	1.41	0.78	1.00	1.00	1.08	1.13	1.09	0.78	1.00	1.02	1.10	0.98
31	0.77	1.10	1.42	0.78	1.00	1.00	1.09	1.15	1.10	0.78	1.00	1.03	1.11	0.98
32	0.77	1.08	1.41	0.77	1.00	1.00	1.07	1.12	1.08	0.77	1.00	1.05	1.10	0.97
33	0.77	1.09	1.41	0.77	1.00	1.00	1.08	1.13	1.09	0.77	1.00	1.05	1.10	0.98
34	0.77	1.08	1.41	0.77	1.00	1.00	1.07	1.11	1.08	0.77	1.00	1.07	1.10	0.98
35	0.78	1.10	1.41	0.78	1.00	1.00	1.09	1.15	1.10	0.78	1.00	1.02	1.11	0.98
36	0.77	1.10	1.42	0.78	1.00	1.00	1.09	1.15	1.10	0.78	1.00	1.02	1.11	0.98
37	0.77	1.10	1.42	0.78	1.00	1.00	1.09	1.15	1.10	0.78	1.00	1.02	1.11	0.98
38														
39	0.77	1.10	1.42	0.78	1.00	1.01	1.08	1.14	1.10	0.78	1.00	1.04	1.11	0.98
40	0.77	1.08	1.41	0.77	1.00	1.01	1.07	1.12	1.08	0.77	1.00	1.04	1.10	0.97
41	0.78	1.10	1.41	0.77	1.00	1.01	1.07	1.13	1.10	0.77	1.00	1.04	1.10	0.97

	荷重抵抗係数 アプローチA			荷重抵抗係数 アプローチB						材料係数 アプローチ				
	抵抗	荷重	比	摩擦係数	堤体重量	浮力	揚圧力	鉛直波力	水平波力	摩擦係数	堤体単重	潮位	設計波高	波力算定
平均	0.77	1.09	1.42	0.78	1.00	1.00	1.08	1.14	1.09	0.78	1.00	1.04	1.11	0.98
標準偏差	0.005	0.009	0.006	0.005	0.001	0.007	0.006	0.016	0.009	0.005	0.001	0.028	0.004	0.003
変動係数	0.006	0.008	0.004	0.006	0.001	0.007	0.006	0.014	0.008	0.006	0.001	0.026	0.004	0.003

付表-D.8 部分係数一覧（消波ブロック被覆上部斜面堤／転倒照査／海底勾配（急））

No.	荷重抵抗係数 アプローチA			荷重抵抗係数 アプローチB					材料係数 アプローチ			
	抵抗 $\gamma_R$	荷重 $\gamma_S$	比 $\gamma_S/\gamma_R$	堤体重量 W	浮力 $P_B$	揚圧力 $P_U$	鉛直波力 $P_V$	水平波力 $P_H$	堤体単重 $\gamma_c$	潮位 $r_{wl}$	設計波高 $H_D$	波力算定 P
1	0.99	1.22	1.23	0.99	1.00	1.18	1.27	1.22	0.99	1.05	1.17	1.01
2	1.00	1.23	1.23	0.99	1.00	1.18	1.29	1.23	0.99	1.02	1.18	1.01
3	1.02	1.27	1.25	0.99	1.00	1.19	1.34	1.27	0.99	1.04	1.18	1.00
4	1.00	1.22	1.22	0.99	1.00	1.18	1.27	1.22	0.99	1.05	1.17	1.01
5	0.98	1.21	1.23	0.99	1.00	1.18	1.27	1.21	0.99	1.07	1.17	1.01
6	0.99	1.23	1.24	0.99	1.00	1.19	1.29	1.23	0.99	1.03	1.18	1.01
7	0.99	1.21	1.23	0.99	1.00	1.18	1.27	1.21	0.99	1.02	1.17	1.01
8	1.05	1.26	1.21	0.99	1.00	1.18	1.30	1.26	0.99	1.02	1.18	1.00
9	1.04	1.26	1.21	0.99	1.00	1.18	1.32	1.26	0.99	1.02	1.18	1.00
10	1.00	1.24	1.23	0.99	1.00	1.19	1.30	1.24	0.99	1.03	1.18	1.01
11	0.99	1.22	1.23	0.99	1.00	1.18	1.30	1.22	0.99	1.03	1.17	1.01
12	0.98	1.20	1.23	0.99	1.01	1.18	1.25	1.20	0.99	1.05	1.17	1.01
13	0.99	1.21	1.22	0.99	1.00	1.18	1.27	1.21	0.99	1.03	1.17	1.01
14	0.99	1.21	1.22	0.99	1.00	1.18	1.27	1.21	0.99	1.03	1.17	1.01
15	0.99	1.21	1.22	0.99	1.00	1.18	1.27	1.21	0.99	1.03	1.17	1.01
16	0.99	1.22	1.24	0.99	1.00	1.18	1.29	1.22	0.99	1.03	1.17	1.01
17	1.00	1.23	1.24	0.99	1.01	1.18	1.29	1.23	0.99	1.11	1.18	1.01
18	0.98	1.23	1.25	0.99	1.05	1.17	1.26	1.23	0.99	1.23	1.17	1.00
19	1.00	1.24	1.24	0.99	1.01	1.19	1.29	1.24	0.99	1.07	1.18	1.01
20	1.00	1.24	1.24	0.99	1.01	1.18	1.30	1.24	0.99	1.08	1.18	1.01
21	0.99	1.23	1.24	0.99	1.01	1.18	1.29	1.23	0.99	1.08	1.18	1.01
22	0.99	1.21	1.23	0.99	1.01	1.18	1.25	1.21	0.99	1.05	1.17	1.01
23												
24	0.98	1.19	1.22	0.99	1.01	1.17	1.23	1.19	0.99	1.07	1.17	1.01
25	0.98	1.19	1.22	0.99	1.01	1.18	1.24	1.19	0.99	1.06	1.17	1.01
26	0.98	1.19	1.22	0.99	1.02	1.17	1.21	1.19	0.99	1.08	1.16	1.01
27	0.99	1.23	1.24	0.99	1.01	1.18	1.28	1.23	0.99	1.04	1.18	1.01
28	0.99	1.21	1.23	0.99	1.00	1.18	1.26	1.21	0.99	1.03	1.17	1.01
29	0.98	1.22	1.24	0.99	1.01	1.18	1.28	1.22	0.99	1.08	1.17	1.01
30	1.00	1.22	1.22	0.99	1.00	1.18	1.26	1.22	0.99	1.02	1.17	1.01
31	0.99	1.22	1.24	0.99	1.00	1.18	1.28	1.22	0.99	1.03	1.17	1.01
32	1.00	1.22	1.22	0.99	1.01	1.18	1.27	1.22	0.99	1.08	1.17	1.01
33	1.00	1.22	1.22	0.99	1.01	1.18	1.27	1.22	0.99	1.09	1.17	1.01
34	0.99	1.20	1.22	0.99	1.01	1.18	1.25	1.20	0.99	1.09	1.17	1.01
35	0.99	1.22	1.24	0.99	1.01	1.18	1.28	1.22	0.99	1.04	1.17	1.01
36	0.98	1.21	1.24	0.99	1.01	1.18	1.27	1.21	0.99	1.05	1.17	1.01
37	0.98	1.21	1.24	0.99	1.01	1.18	1.27	1.21	0.99	1.05	1.17	1.01
38												
39	0.98	1.22	1.24	0.99	1.02	1.18	1.25	1.22	0.99	1.08	1.17	1.00
40	0.99	1.22	1.24	0.99	1.01	1.18	1.25	1.22	0.99	1.06	1.17	1.01
41	1.04	1.25	1.20	0.99	1.01	1.18	1.29	1.25	0.99	1.05	1.18	1.00

	荷重抵抗係数 アプローチA			荷重抵抗係数 アプローチB					材料係数 アプローチ			
	抵抗	荷重	比	堤体重量	浮力	揚圧力	鉛直波力	水平波力	堤体単重	潮位	設計波高	波力算定
平均	0.99	1.22	1.23	0.99	1.01	1.18	1.27	1.22	0.99	1.06	1.17	1.01
標準偏差	0.016	0.018	0.012	0.001	0.008	0.004	0.023	0.018	0.001	0.037	0.004	0.003
変動係数	0.016	0.014	0.010	0.001	0.008	0.003	0.019	0.014	0.001	0.035	0.004	0.003

付録 E 破壊確率一覧

本検討において算出した破壊確率の一覧を付表-E.1～付表-E.4に示す。ここに示す破壊確率は、荷重抵抗係数アプローチA、荷重抵抗係数アプローチB、材料係数アプローチに基づく部分係数を用いて算定された断面に対する破壊確率であり、滑動照査および転倒照査のそれぞれについて整理している。なお、表内の空欄は、本検討において除外したケース（No.23, No.38）である。

また、付図-E.1～付図-E.8に参考として、ケース No.1におけるMCSによる耐力Rと作用Sの算出結果を示す。図中の数値は耐力Rと作用Sの相関係数である。

付表-E.1 破壊確率一覧（上部斜面堤／海底勾配（緩））

No.	滑動照査			転倒照査		
	荷重抵抗係数アプローチA	荷重抵抗係数アプローチB	材料係数アプローチ	荷重抵抗係数アプローチA	荷重抵抗係数アプローチB	材料係数アプローチ
1	0.0178	0.0178	0.0159	0.0259	0.0293	0.0293
2	0.0185	0.0178	0.0173	0.0276	0.0276	0.0307
3	0.0174	0.0174	0.0153	0.0250	0.0285	0.0285
4	0.0185	0.0185	0.0161	0.0280	0.0280	0.0280
5	0.0198	0.0185	0.0163	0.0300	0.0300	0.0300
6	0.0184	0.0184	0.0149	0.0280	0.0280	0.0280
7	0.0190	0.0183	0.0158	0.0287	0.0287	0.0287
8	0.0169	0.0174	0.0249	0.0211	0.0266	0.0330
9	0.0177	0.0177	0.0231	0.0262	0.0290	0.0323
10	0.0180	0.0180	0.0172	0.0256	0.0295	0.0295
11	0.0191	0.0184	0.0161	0.0302	0.0271	0.0271
12	0.0190	0.0190	0.0162	0.0254	0.0254	0.0254
13	0.0152	0.0180	0.0152	0.0205	0.0291	0.0291
14	0.0154	0.0183	0.0154	0.0211	0.0298	0.0211
15	0.0152	0.0180	0.0152	0.0205	0.0291	0.0291
16	0.0184	0.0184	0.0159	0.0284	0.0284	0.0284
17	0.0176	0.0176	0.0163	0.0243	0.0285	0.0285
18	0.0199	0.0192	0.0184	0.0279	0.0321	0.0279
19	0.0186	0.0174	0.0153	0.0286	0.0286	0.0286
20	0.0182	0.0182	0.0160	0.0271	0.0271	0.0271
21	0.0181	0.0181	0.0159	0.0261	0.0261	0.0261
22	0.0181	0.0181	0.0151	0.0275	0.0275	0.0275
23						
24	0.0171	0.0171	0.0131	0.0210	0.0210	0.0210
25	0.0167	0.0167	0.0131	0.0249	0.0249	0.0249
26	0.0190	0.0190	0.0158	0.0246	0.0306	0.0246
27	0.0183	0.0183	0.0147	0.0272	0.0272	0.0272
28	0.0187	0.0187	0.0156	0.0258	0.0297	0.0258
29	0.0188	0.0188	0.0149	0.0232	0.0232	0.0232
30	0.0180	0.0180	0.0155	0.0252	0.0252	0.0252
31	0.0195	0.0185	0.0154	0.0288	0.0288	0.0288
32	0.0170	0.0170	0.0170	0.0223	0.0283	0.0283
33	0.0178	0.0178	0.0170	0.0248	0.0289	0.0289
34	0.0156	0.0188	0.0156	0.0210	0.0304	0.0210
35	0.0176	0.0176	0.0148	0.0267	0.0267	0.0267
36	0.0178	0.0178	0.0145	0.0309	0.0235	0.0235
37	0.0178	0.0178	0.0145	0.0309	0.0235	0.0235
38						
39	0.0190	0.0178	0.0154	0.0272	0.0272	0.0272
40	0.0174	0.0174	0.0162	0.0291	0.0291	0.0291
41	0.0179	0.0179	0.0193	0.0260	0.0285	0.0314

	滑動照査			転倒照査		
	荷重抵抗係数アプローチA	荷重抵抗係数アプローチB	材料係数アプローチ	荷重抵抗係数アプローチA	荷重抵抗係数アプローチB	材料係数アプローチ
平均	0.018	0.018	0.016	0.026	0.028	0.027
標準偏差	0.001	0.001	0.002	0.003	0.002	0.003
変動係数	0.063	0.031	0.135	0.112	0.080	0.105

付表-E.2 破壊確率一覧（消波ブロック被覆上部斜面堤／海底勾配（緩））

No.	滑動破壊確率			転倒破壊確率		
	荷重抵抗係数 アプローチA	荷重抵抗係数 アプローチB	材料係数 アプローチ	荷重抵抗係数 アプローチA	荷重抵抗係数 アプローチB	材料係数 アプローチ
1	0.0079	0.0079	0.0079	0.0104	0.0104	0.0164
2	0.0081	0.0081	0.0081	0.0116	0.0116	0.0141
3	0.0079	0.0079	0.0079	0.0098	0.0125	0.0125
4	0.0081	0.0081	0.0068	0.0105	0.0105	0.0168
5	0.0081	0.0081	0.0066	0.0094	0.0094	0.0140
6	0.0074	0.0074	0.0082	0.0109	0.0109	0.0142
7	0.0081	0.0081	0.0072	0.0111	0.0111	0.0138
8	0.0081	0.0077	0.0077	0.0088	0.0109	0.0164
9	0.0080	0.0075	0.0075	0.0103	0.0103	0.0128
10	0.0077	0.0077	0.0083	0.0114	0.0114	0.0150
11	0.0081	0.0081	0.0068	0.0104	0.0104	0.0190
12	0.0076	0.0076	0.0067	0.0109	0.0109	0.0161
13	0.0075	0.0075	0.0075	0.0088	0.0088	0.0146
14	0.0078	0.0078	0.0078	0.0095	0.0095	0.0095
15	0.0075	0.0075	0.0075	0.0088	0.0088	0.0146
16	0.0079	0.0079	0.0072	0.0113	0.0113	0.0113
17	0.0080	0.0080	0.0071	0.0112	0.0112	0.0147
18	0.0087	0.0087	0.0082	0.0142	0.0142	0.0142
19	0.0075	0.0075	0.0075	0.0103	0.0103	0.0134
20	0.0074	0.0074	0.0074	0.0119	0.0119	0.0119
21	0.0074	0.0074	0.0074	0.0116	0.0116	0.0116
22	0.0077	0.0077	0.0069	0.0113	0.0113	0.0168
23						
24	0.0066	0.0066	0.0066	0.0117	0.0061	0.0117
25	0.0084	0.0084	0.0064	0.0068	0.0068	0.0127
26	0.0082	0.0082	0.0070	0.0104	0.0104	0.0147
27	0.0075	0.0075	0.0075	0.0114	0.0114	0.0114
28	0.0079	0.0079	0.0079	0.0099	0.0099	0.0127
29	0.0070	0.0070	0.0070	0.0094	0.0094	0.0094
30	0.0080	0.0080	0.0069	0.0099	0.0099	0.0178
31	0.0077	0.0077	0.0077	0.0093	0.0093	0.0125
32	0.0073	0.0073	0.0063	0.0089	0.0089	0.0184
33	0.0080	0.0080	0.0074	0.0096	0.0096	0.0170
34	0.0084	0.0067	0.0067	0.0110	0.0110	0.0110
35	0.0071	0.0082	0.0071	0.0116	0.0116	0.0116
36	0.0071	0.0071	0.0071	0.0079	0.0079	0.0128
37	0.0071	0.0071	0.0071	0.0079	0.0079	0.0128
38						
39	0.0083	0.0083	0.0075	0.0120	0.0120	0.0120
40	0.0076	0.0076	0.0076	0.0098	0.0098	0.0124
41	0.0083	0.0077	0.0072	0.0101	0.0121	0.0145

	滑動破壊確率			転倒破壊確率		
	荷重抵抗係数 アプローチA	荷重抵抗係数 アプローチB	材料係数 アプローチ	荷重抵抗係数 アプローチA	荷重抵抗係数 アプローチB	材料係数 アプローチ
平均	0.008	0.008	0.007	0.010	0.010	0.014
標準偏差	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002
変動係数	0.056	0.056	0.072	0.136	0.155	0.164

付表-E.3 破壊確率一覧（上部斜面堤／海底勾配（急））

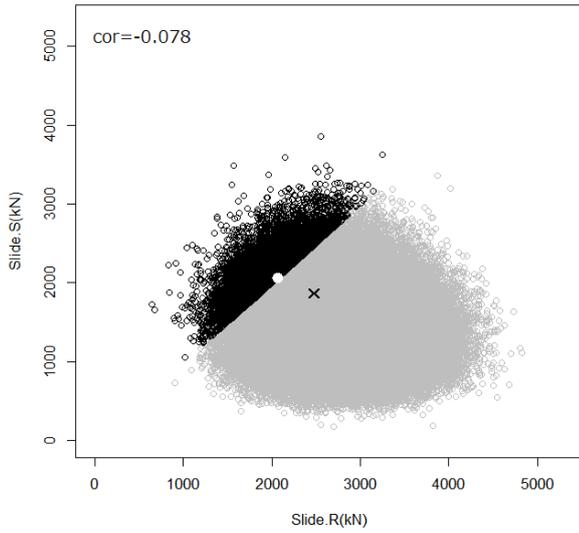
No.	滑動破壊確率			転倒破壊確率		
	荷重抵抗係数 アプローチA	荷重抵抗係数 アプローチB	材料係数 アプローチ	荷重抵抗係数 アプローチA	荷重抵抗係数 アプローチB	材料係数 アプローチ
1	0.0206	0.0206	0.0212	0.0279	0.0279	0.0309
2	0.0218	0.0218	0.0191	0.0292	0.0292	0.0292
3	0.0213	0.0234	0.0213	0.0311	0.0347	0.0311
4	0.0208	0.0202	0.0235	0.0269	0.0269	0.0335
5	0.0218	0.0197	0.0230	0.0253	0.0253	0.0361
6	0.0189	0.0202	0.0255	0.0290	0.0290	0.0375
7	0.0207	0.0200	0.0258	0.0279	0.0279	0.0416
8	0.0210	0.0231	0.0168	0.0221	0.0324	0.0244
9	0.0227	0.0232	0.0149	0.0256	0.0334	0.0234
10	0.0224	0.0217	0.0195	0.0267	0.0301	0.0267
11	0.0229	0.0216	0.0255	0.0294	0.0294	0.0384
12	0.0186	0.0186	0.0230	0.0223	0.0223	0.0334
13	0.0168	0.0168	0.0265	0.0179	0.0245	0.0439
14	0.0147	0.0171	0.0270	0.0184	0.0251	0.0449
15	0.0168	0.0168	0.0265	0.0179	0.0245	0.0439
16	0.0222	0.0213	0.0251	0.0303	0.0303	0.0349
17	0.0184	0.0210	0.0184	0.0257	0.0293	0.0293
18	0.0231	0.0238	0.0205	0.0276	0.0350	0.0276
19	0.0205	0.0205	0.0228	0.0280	0.0280	0.0315
20	0.0210	0.0210	0.0246	0.0310	0.0310	0.0349
21	0.0197	0.0208	0.0245	0.0297	0.0297	0.0377
22	0.0191	0.0191	0.0202	0.0253	0.0253	0.0308
23						
24	0.0134	0.0168	0.0211	0.0146	0.0224	0.0337
25	0.0145	0.0179	0.0220	0.0123	0.0187	0.0404
26	0.0176	0.0194	0.0226	0.0191	0.0233	0.0340
27	0.0183	0.0201	0.0201	0.0242	0.0308	0.0308
28	0.0205	0.0199	0.0239	0.0263	0.0263	0.0331
29	0.0210	0.0192	0.0231	0.0276	0.0276	0.0367
30	0.0188	0.0197	0.0205	0.0237	0.0277	0.0277
31	0.0228	0.0211	0.0246	0.0285	0.0285	0.0369
32	0.0167	0.0198	0.0181	0.0184	0.0276	0.0276
33	0.0206	0.0206	0.0191	0.0237	0.0270	0.0270
34	0.0155	0.0182	0.0254	0.0163	0.0226	0.0422
35	0.0196	0.0196	0.0244	0.0269	0.0269	0.0371
36	0.0182	0.0182	0.0238	0.0216	0.0216	0.0345
37	0.0182	0.0182	0.0238	0.0216	0.0216	0.0345
38						
39	0.0199	0.0211	0.0251	0.0248	0.0296	0.0351
40	0.0170	0.0192	0.0181	0.0251	0.0283	0.0283
41	0.0218	0.0222	0.0151	0.0241	0.0306	0.0222

	滑動破壊確率			転倒破壊確率		
	荷重抵抗係数 アプローチA	荷重抵抗係数 アプローチB	材料係数 アプローチ	荷重抵抗係数 アプローチA	荷重抵抗係数 アプローチB	材料係数 アプローチ
平均	0.019	0.020	0.022	0.024	0.027	0.034
標準偏差	0.002	0.002	0.003	0.005	0.004	0.006
変動係数	0.130	0.090	0.142	0.193	0.134	0.166

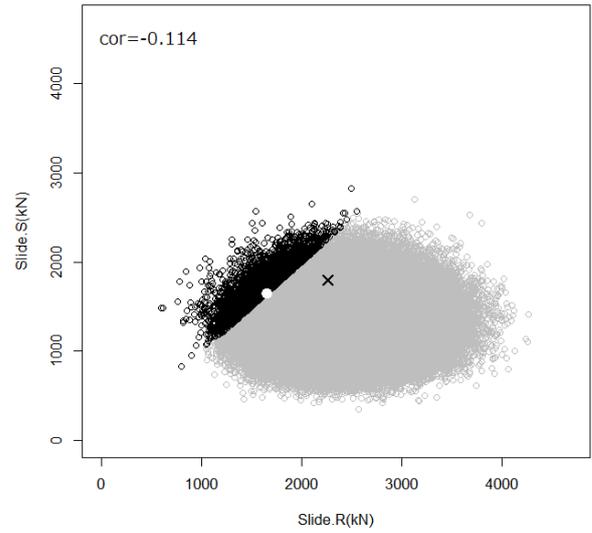
付表-E.4 破壊確率一覧（消波ブロック被覆上部斜面堤／海底勾配（急））

No.	滑動破壊確率			転倒破壊確率		
	荷重抵抗係数 アプローチA	荷重抵抗係数 アプローチB	材料係数 アプローチ	荷重抵抗係数 アプローチA	荷重抵抗係数 アプローチB	材料係数 アプローチ
1	0.0077	0.0091	0.0086	0.0118	0.0097	0.0144
2	0.0077	0.0093	0.0081	0.0124	0.0124	0.0124
3	0.0074	0.0096	0.0081	0.0136	0.0136	0.0109
4	0.0079	0.0091	0.0119	0.0111	0.0111	0.0243
5	0.0081	0.0089	0.0137	0.0113	0.0080	0.0398
6	0.0073	0.0089	0.0080	0.0113	0.0113	0.0113
7	0.0076	0.0090	0.0090	0.0108	0.0090	0.0158
8	0.0078	0.0102	0.0132	0.0091	0.0157	0.0414
9	0.0078	0.0099	0.0118	0.0092	0.0136	0.0325
10	0.0081	0.0092	0.0081	0.0121	0.0121	0.0121
11	0.0080	0.0093	0.0107	0.0113	0.0113	0.0192
12	0.0073	0.0081	0.0124	0.0090	0.0090	0.0326
13	0.0066	0.0078	0.0094	0.0101	0.0063	0.0157
14	0.0069	0.0082	0.0082	0.0069	0.0069	0.0168
15	0.0066	0.0078	0.0094	0.0101	0.0063	0.0157
16	0.0076	0.0089	0.0076	0.0108	0.0108	0.0108
17	0.0073	0.0090	0.0081	0.0114	0.0114	0.0114
18	0.0089	0.0104	0.0085	0.0152	0.0152	0.0121
19	0.0075	0.0089	0.0082	0.0114	0.0114	0.0114
20	0.0074	0.0088	0.0081	0.0131	0.0131	0.0104
21	0.0072	0.0086	0.0079	0.0130	0.0103	0.0103
22	0.0078	0.0092	0.0085	0.0093	0.0093	0.0131
23						
24	0.0070	0.0070	0.0070	0.0075	0.0075	0.0134
25	0.0061	0.0077	0.0097	0.0093	0.0093	0.0157
26	0.0080	0.0092	0.0122	0.0105	0.0105	0.0250
27	0.0076	0.0088	0.0076	0.0146	0.0094	0.0094
28	0.0080	0.0089	0.0080	0.0120	0.0097	0.0120
29	0.0081	0.0081	0.0081	0.0116	0.0065	0.0116
30	0.0075	0.0091	0.0137	0.0105	0.0105	0.0355
31	0.0083	0.0089	0.0077	0.0135	0.0104	0.0104
32	0.0069	0.0087	0.0122	0.0092	0.0092	0.0311
33	0.0074	0.0091	0.0091	0.0088	0.0113	0.0147
34	0.0067	0.0081	0.0081	0.0071	0.0071	0.0113
35	0.0075	0.0085	0.0075	0.0121	0.0089	0.0121
36	0.0072	0.0083	0.0072	0.0107	0.0107	0.0107
37	0.0072	0.0083	0.0072	0.0107	0.0107	0.0107
38						
39	0.0081	0.0089	0.0074	0.0117	0.0117	0.0117
40	0.0074	0.0088	0.0074	0.0127	0.0127	0.0103
41	0.0074	0.0100	0.0118	0.0082	0.0153	0.0357

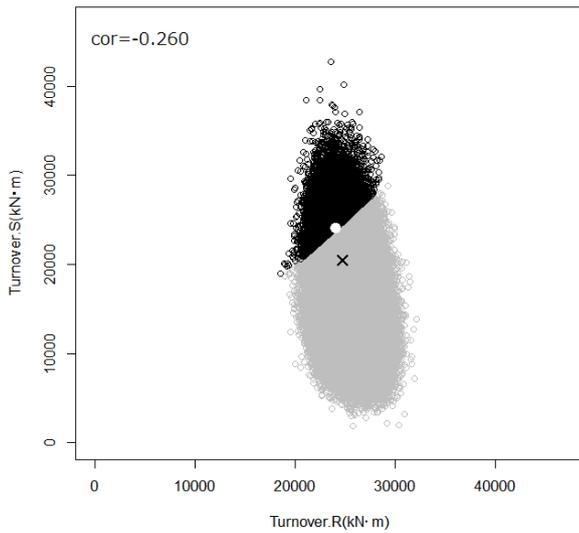
	滑動破壊確率			転倒破壊確率		
	荷重抵抗係数 アプローチA	荷重抵抗係数 アプローチB	材料係数 アプローチ	荷重抵抗係数 アプローチA	荷重抵抗係数 アプローチB	材料係数 アプローチ
平均	0.008	0.009	0.009	0.011	0.010	0.017
標準偏差	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.009
変動係数	0.067	0.075	0.221	0.173	0.237	0.545



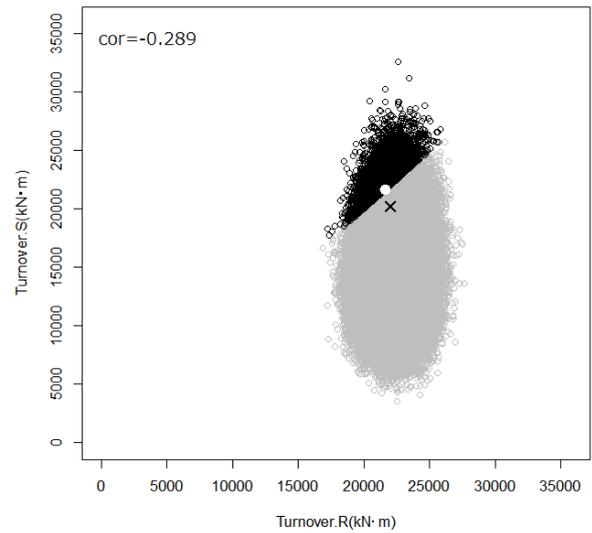
付図-E.1 MCS算出結果 No.1  
(上部斜面提\_滑動\_緩)



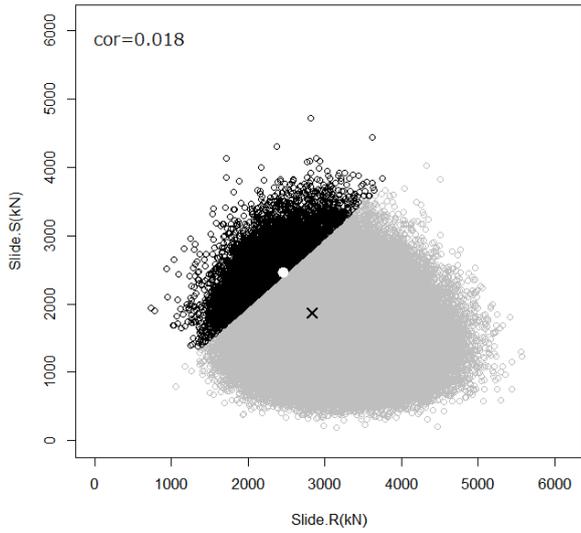
付図-E.3 MCS算出結果 No.1  
(消波ブロック被覆上部斜面提\_滑動\_緩)



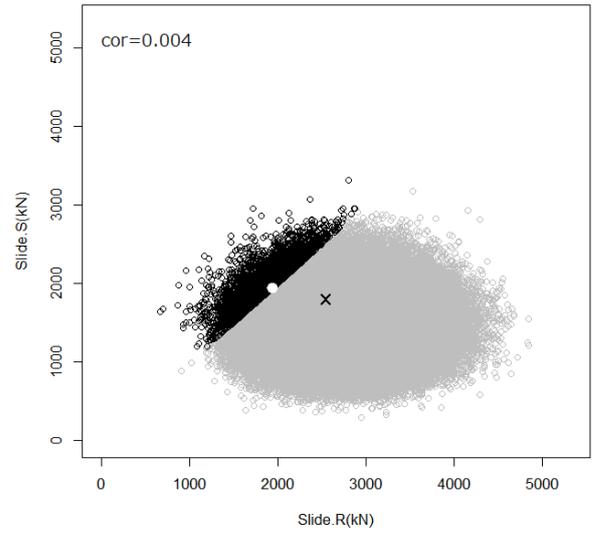
付図-E.2 MCS算出結果 No.1  
(上部斜面提\_転倒\_緩)



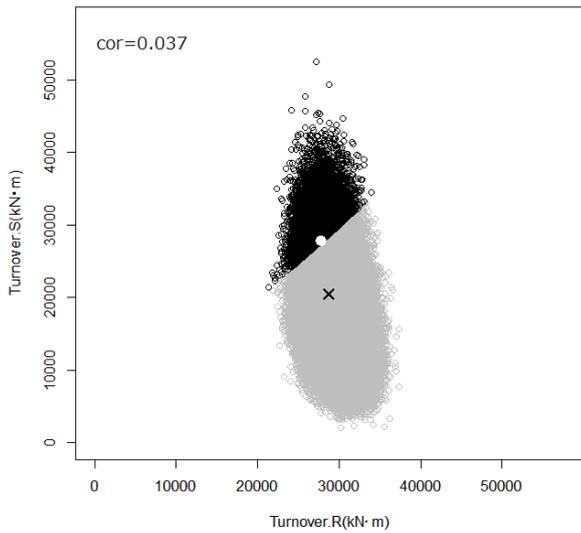
付図-E.4 MCS算出結果 No.1  
(消波ブロック被覆上部斜面提\_転倒\_緩)



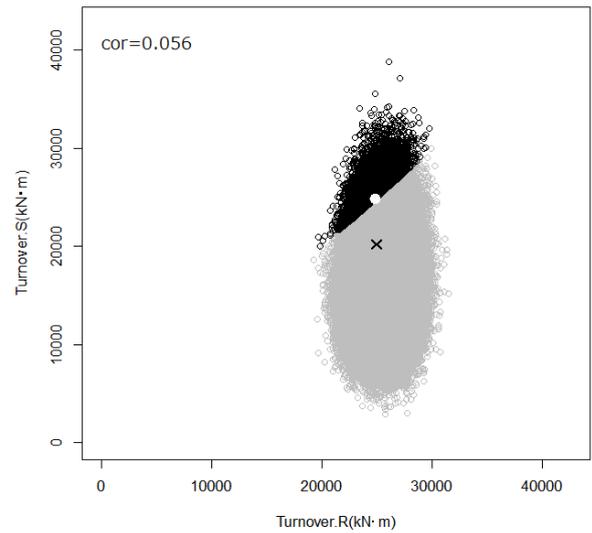
付図-E.5 MCS算出結果 No.1  
 (上部斜面提\_滑動\_急)



付図-E.7 MCS算出結果 No.1  
 (消波ブロック被覆上部斜面提\_滑動\_急)



付図-E.6 MCS算出結果 No.1  
 (上部斜面提\_転倒\_急)



付図-E.8 MCS算出結果 No.1  
 (消波ブロック被覆上部斜面提\_転倒\_急)

---

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 995                      October 2017

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

---

本資料の転載・複写のお問い合わせは  
〔〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1  
管理調整部企画調整課 電話:046-844-5019〕  
E-mail:ysk.nil-kikaku@ml.mlit.go.jp