

PC 二重カーテン式消波堤の設計・施工

中村 孝幸 *1・河野 徹 *2・森田 嘉満 *3・中橋 一壽 *4

1. はじめに

プレストレストコンクリートを用いた港湾構造物には、PC 桁を用いた PC 栈橋が代表例にあげられるほか、PC 矢板を用いた護岸や浮栈橋あるいは浮防波堤などの浮遊構造物などがある。

これらは、いずれも PC の耐久性やプレキャスト化による施工の迅速化などの利点を活かして、厳しい環境下にある港湾構造物の開発、整備の一役を担ってきたといえる。

これらの港湾 PC 構造物の中で、防波堤としてプレキャスト PC 版を用いた PC カーテン式防波堤も、昭和 53 年頃より瀬戸内海を中心に数多く建設がなされており、現在に至っている。

本稿では、従来の PC カーテン式防波堤の特長を活かしつつ、潮位差に影響されずに反射波を効率よく低減する PC 二重カーテン式消波堤（写真 - 1）の開発ならびにその設計・施工について述べるものである。



写真 - 1 PC 二重カーテン式消波

2. 従来のカーテン式防波堤

従来から建設がなされているカーテン式防波堤の構造例を図 - 1 に示す。図の右側は港外側を、左側は港内側をイメージしている。図のようにカーテン式防波堤は、基礎となる鋼管杭の前面にプレキャスト部材である PC カーテン版を取り付けた構造となっている。また、カーテン部下端と海底面との間に遊間を設ける形式が多い。

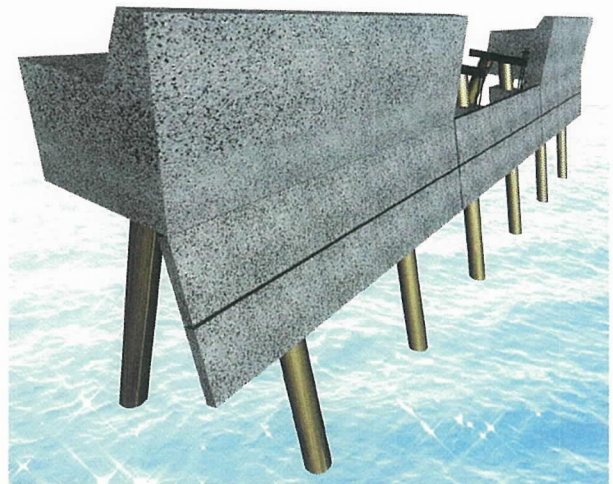


図 - 1 従来のカーテン式防波堤

なお、ケーソンタイプのような重力で波力に抵抗する重力式防波堤に対して、カーテン式防波堤は杭の抵抗力で波力に抵抗するものであり、非重力式防波堤に分類されるものである。

カーテン式防波堤の主な特長は以下のとおりである。



*1 Takayuki NAKAMURA

愛媛大学工学部
環境建設 工学科 助教授



*2 Tooru KOUNO

復建調査設計 (株)
事業推進本部 部長



*3 Yoshimitsu MORITA

オリエンタル建設 (株) 大阪支店
営業部 部長



*4 Kazutoshi NAKAHASHI

オリエンタル建設 (株) 大阪支店
開発企画部 課長

- 1) 鋼管杭を基礎とするため、海底が軟弱地盤である場所でも建設が可能である。
- 2) 防波堤下部に遊間を有することにより、海水交換機能が期待でき、港内の浄化に有効に働く。
- 3) 波動運動の卓越する水面付近のみをカーテン版で遮断することにより、効率よく透過波または透過率を低減することができる。これにより、港内の静穏化に有効に働く。

写真 - 2 に従来の PC カーテン版の設置状況を、図 - 2 に PC カーテン版の 1 枚あたりの概要図を示す。

PC カーテン版は、カーテン部分の平版と鋼管杭を挿入する突起部から構成されている。

製作工程は、プレテンション方式によりプレストレスを導入した平版を製作し、この平版に鋼管杭を挿入させる突起部を打設することにより、カーテン版 1 枚が完成する。

このカーテン版を現地近くの組立てヤードに搬入し、数段を積み重ねて、PC 鋼棒により緊張、グラウトを行いカーテン版全体が完成する。

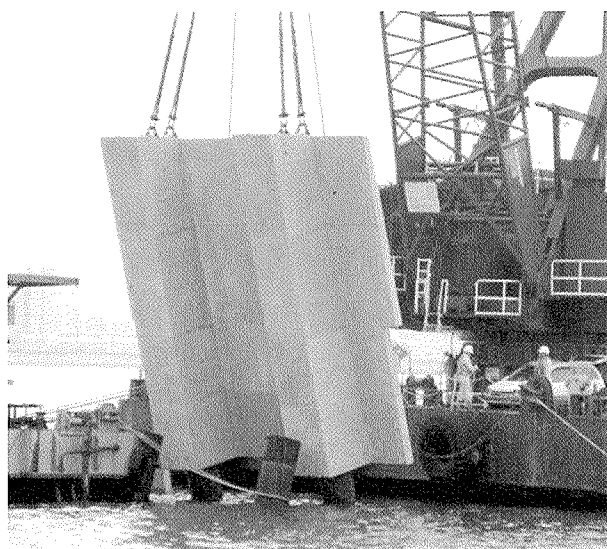


写真 - 2 PC カーテン版設置状況

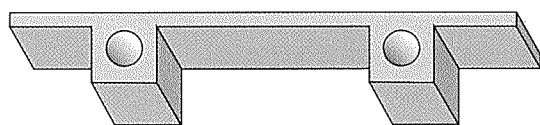


図 - 2 PC カーテン版の概要図

当然のことながら、波力、潮位や地盤条件などによってカーテン版の大きさは決定されるが、平版にプレストレスを導入することにより、杭間隔を大きく採ることができるために、同等の RC カーテン版と比較して全体工費で経済的になる傾向にある。

これらの特長をもつカーテン式防波堤ではあるが、一方で透過波の低減を目的としているため、逆に反射波または反射率が大きくなることも指摘されている。このため、近辺を航行する船舶の安全性に影響を及ぼすなどの防波堤周

辺海域における反射波災害が懸念される場合もある。

なお、ここでの反射率ならびに透過率とは、入射波高と反射波高および透過波高との比で表したものを示す。

$$Cr = \frac{Hr}{H}, \quad Ct = \frac{Ht}{H} \quad (1)$$

ここで、 Cr ：反射率

Ct ：透過率

Hr ：反射波高 (m)

Ht ：透過波高 (m)

H ：入射波高 (m)

3. PC 二重カーテン式消波堤の開発

3.1 開発目的

先に述べたとおり、従来型のカーテン式防波堤は優れた特長を有しているものの、反射波が大きくなることも構造上の特徴であるといえる。

そこで、従来型のカーテン式防波堤の優位性を維持しつつ、反射波の低減が可能で、併せて低減効果が潮位差に影響されないカーテン式消波堤構造の開発を目的として、模型実験ならびに解析を実施した。

なお、以下では新規開発したカーテン式構造を PC 二重カーテン式消波堤と呼ぶこととし、防波堤ではなく消波堤と称するのは、消波機能すなわち透過波のみならず反射波をも低減する機能を有した防波堤という意味で消波堤としている。

PC 二重カーテン式消波堤は、港外側の前壁カーテン版に傾斜版形状の壁を、港内側の後壁カーテン版に不透過壁を採用する二重カーテン構造とするとともに、前後のカーテン版の吃水が異なる（以下、異吃水と略す）構造を有している。なお、ここでいう吃水とは、水面からカーテン版下端までの鉛直距離を指す。

また、コスト縮減と機能効果を高めることを目的に、杭本数を減じて杭間隔を大きく採るため、前後のカーテン版に PC 版を採用している。

開発の過程は二段階で実施した。反射率の低減に影響する主な要因として、前後のカーテン版の吃水差と前壁カーテン版の形状の二項目を採り上げ、第一段階では、異吃水による効果の確認を行うために、前後とも不透過壁で構成される異吃水の二重式カーテン版について検討を行った。

第二段階では、大きな潮位変動にも対応できる構造として発案された傾斜版列を前壁とする二重式カーテン版について検討を行った。それぞれの実験方法および結果の概要について以下に述べる。

3.2 異吃水構造による効果

ここでは、前後とも不透過壁で構成される異吃水の二重カーテン構造を模した実験結果について述べる。

3.2.1 実験装置および条件

実験は、長さ 28 m、幅 1.0 m、高さ 1.25 m の二次元造波水槽を用いて行った。実験に用いた堤体模型を図 - 3 に示す。

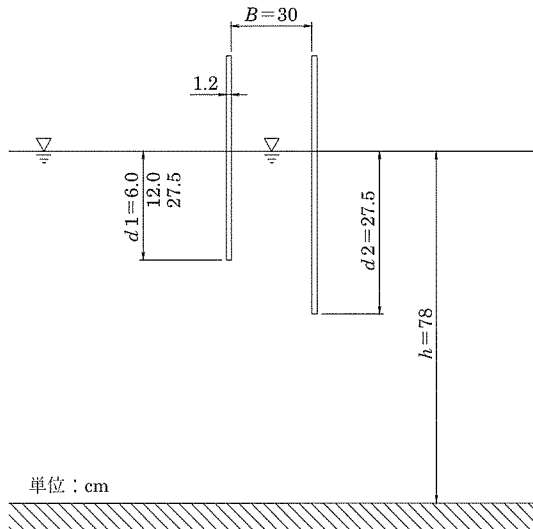


図-3 異吃水の二重カーテン式消波堤模型

後壁の吃水 d_2 は、従来のカーテン式防波堤を模した単一カーテン版のときに有効な透過波の制御効果の得られる程度の吃水である 27.5 cm に固定している。そして、前壁の吃水 d_1 は、6.0 cm、12.0 cm、27.5 cm と後壁と同じ吃水になるまで順次深くして、反射・透過率およびカーテン版間の波高分布などを測定した。このとき、前後壁の間隔 B は、従来のカーテン式防波堤で用いられている上部矩形堤の幅を参照して 30 cm に固定している。ここで、想定した模型の縮尺 S は、現地の 1/17 程度である。

実験に用いた水深 h は 78 cm と一定にし、堤体模型に作用させる入射波は、波高 H が 5 cm、10 cm、15 cm の 3 種類、周期 T が 0.78 ~ 1.68 s の 12 種類とする。

3.2.2 透過波および反射波の特性

図-4、5 は、結果の代表例として反射波の低減効果ももっとも高いことが確認された前壁カーテン版の吃水 $d_1 = 12$ cm のときの透過率 C_t 、反射率 C_r と d_2/L (d_2 : 後壁の吃水、 L : 波長) の関係を示す。図中には比較のため、後壁と同じ吃水の単一カーテン版による結果および物体まわりの波動場は流速に比例して波の逸散が生じるとする減衰波理論¹⁾による算定結果も併せて示している。

図-4 より、両堤体における透過率 C_t は、ともに d_2/L が小さく長周期になるにつれ増大し、差異はほとんど認め

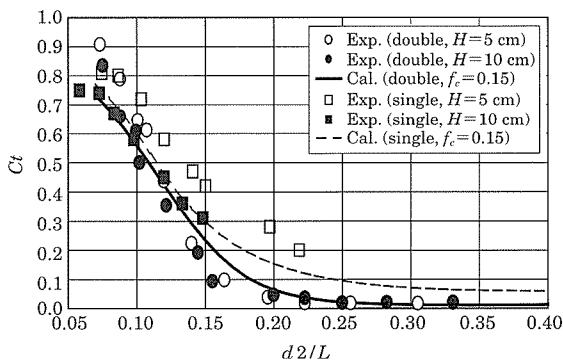


図-4 透過率 C_t と d_2/L との関係 ($h = 78$ cm, $d_1 = 12$ cm, $d_2 = 27.5$ cm, $B = 30$ cm)

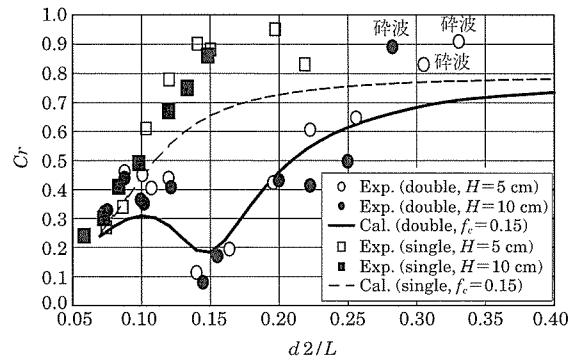


図-5 反射率 C_r と d_2/L との関係 ($h = 78$ cm, $d_1 = 12$ cm, $d_2 = 27.5$ cm, $B = 30$ cm)

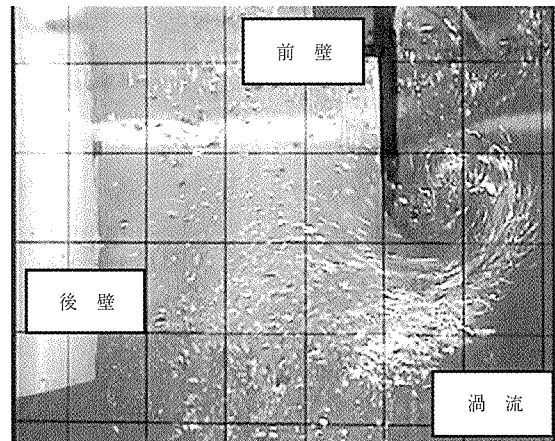


写真-3 前壁下端での渦流れ状況

られない。

一方、図-5 より反射率 C_r は、単一カーテン版では d_2/L が大きくなるにつれ増大するのに対し、異吃水の二重式カーテン版では特定の d_2/L でいったん低下することがわかる。このような反射波の低減は、前壁下端部よりの渦流れの増大現象によると考えられる。参考のため、写真-3 にその状況を示す。

また、前壁の吃水としては、後壁の約半分程度に設定すると、図-5 見られるように、反射波がもっとも低減できることを確認している。

3.3 傾斜版列構造による効果

異吃水の二重式カーテン版では、上述したように従来の単一カーテン版と同等の透過率を確保しつつ、反射波の低減も可能であることが確認された。

しかしながら、前壁の吃水を後壁の約半分程度に設定すると瀬戸内海のように潮位差の大きい海域では、低潮位ときに前壁の下端が空中に露出する場合もあると考えられ、実際上への適用は大きい制限を受けることになる。そこで、前壁の吃水を比較的深くできる傾斜版列を前壁とする二重式カーテン版について検討を行った。

3.3.1 実験装置および方法

実験には、前記と同様の二次元造波水槽を用いた。模型堤体は図-6 に示すように前壁の傾斜版列と後壁のカーテン版で構成されている。傾斜版の角度は、ピストンモード

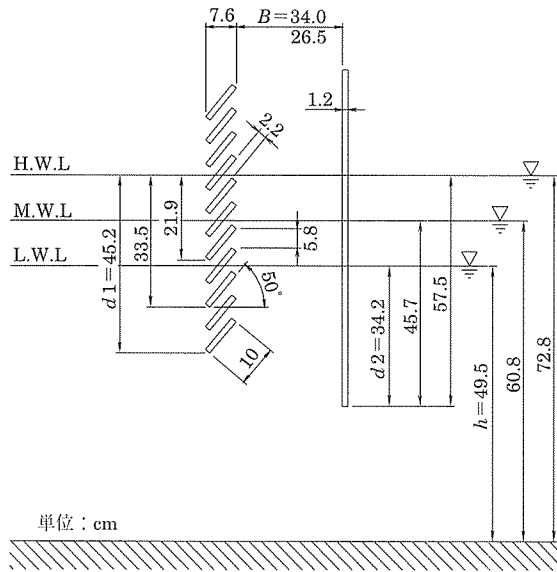


図 - 6 前壁を傾斜版列とする消波堤模型

の波浪共振が保持されるように、また施工の容易さを考慮して上向き 50 度とした。前後壁の吃水については、前壁傾斜版列の吃水は、各潮位に対して異吃水の二重式カーテン版と同様の波浪制御効果が保てるようにし、後壁については、低潮位時でも有効な透過波の制御効果が得られる程度の吃水として、先の実験よりも深いものを採用した。前後壁の間隔 B は、先の実験とほぼ同程度の $B = 34.0$ cm と、理論的検討により反射波の低減効果がより高いことが確認された $B = 26.5$ cm の 2 種類とした。なお、このときの模型縮尺 S は、1/13 程度を想定している。

実験に用いた水深は、想定した現地の高潮位・平均潮位・低潮位に対応させて設定した。想定した現地の潮位差は 3 m 程度である。各潮位に対応する水深は、このときの模型縮尺を考慮すると、72.8 cm, 60.8 cm および 49.5 cm になる。

堤体模型に作用させる入射波は、波高 H が 6 cm, 12 cm の 2 種類、周期 T が 0.70 ~ 1.7 s の範囲の 12 種類である。また、比較のために前壁の傾斜版列を取り除いた単一カーテン版による反射・透過率などをほぼ同様の波条件および水深条件を採用して測定した。

3.3.2 透過波および反射波の特性

(1) 前後壁間隔の影響

図 - 7 は、平均潮位に相当する水位条件下で、前後壁間隔 $B = 34.0$ cm の場合の反射率 Cr と $d2/L$ の関係を示す。

また、図 - 8 は同じ水位条件下で前後壁間隔 $B = 26.5$ cm のときの結果を同様に示す。

これらの図中には、比較のために前壁傾斜版列を取り除いた単一カーテン版に対する結果および減衰波理論による算定結果についても示している。なお、単一カーテン版の場合には、その吃水を $d2$ としている。

各図より、反射率 Cr は特定の $d2/L$ の条件下でいったん低下する傾向が認められ、不透過カーテン版で構成される二重式カーテン版と同様に、反射波が低減されているこ

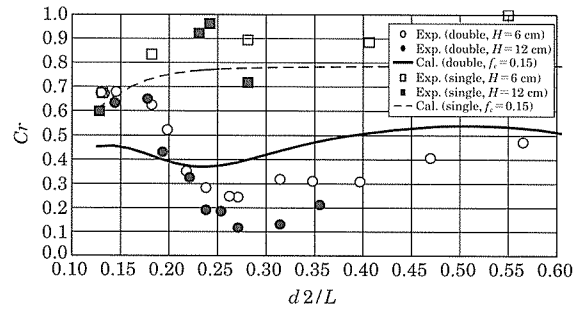


図 - 7 反射率 Cr と $d2/L$ との関係 (1)
($h = 60.8$ cm, $d1 = 33.5$ cm, $d2 = 45.7$ cm, $B = 34.0$ cm)

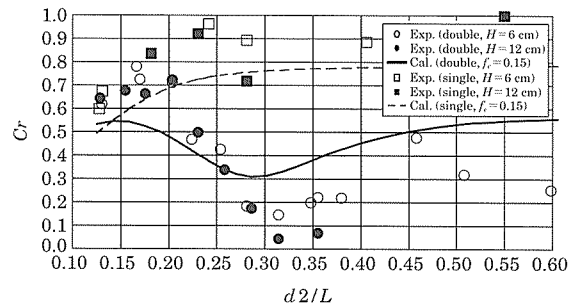


図 - 8 反射率 Cr と $d2/L$ との関係 (2)
($h = 60.8$ cm, $d1 = 33.5$ cm, $d2 = 45.7$ cm, $B = 26.5$ cm)

とがわかる。このことは、図中に示す単一カーテン版の Cr との比較からも明白である。そして、前後壁の間隔 B を広くすると、 Cr がいったん低下する $d2/L$ の値は小さくなり、より長周期の反射波を低減することができることになる。また、反射率の極小値は前後壁の間隔の狭い方がより小さくなる傾向にあることが確認できた。

つぎに、減衰波理論による反射率の算定結果と実験結果を比較すると、 Cr がいったん低下する $d2/L$ の値は、前後壁の間隔を広くすると長周期側に移行するなど定性的な傾向は一致するが、 Cr が極小値を示す $d2/L$ の値をより長周期側に予測することや反射率の絶対値も大きいなど定量的な一致度は不十分であることも確認できた。この点について今後の課題としたい。

なお、ここでは実験結果を割愛したが、透過率 Ct については、前後壁の間隔を変化させてもほとんど変化せず、 $d2/L$ が小さくなるにつれ増大するなどの傾向が認められた。また、単一カーテン版の Ct と比較しても、差異はほとんど見られず、このような傾向は解析結果でも確認されている。

(2) 設置水深(潮位)の影響について

ここでは、前後壁の間隔 $B = 26.5$ cm の条件に固定して、設置水深による透過・反射率の変化について述べる。

図 - 9, 10 は、想定した低潮位ならびに高潮位での透過率 Ct , 反射率 Cr の B/L (B : 前後壁間隔, L : 波長) による変化を示す。併せて図中には、減衰波理論による算定結果についてもプロットしている。

これらの図の透過率 Ct に着目すると、後壁の波長に対する吃水比がもっとも大きくなる高水位(高潮位)の条件下でもっとも低く、水位が低下すると増加する傾向が認めら

れる。そして、このような傾向は減衰波理論による算定結果とも一致する。

一方、反射率 Cr は、各水位条件に共通して、 $B/L = 0.18$ 付近でいったん低下する傾向が見られ、潮位条件に関係なく透過・反射率が低減できることが確認できた。また、反射率 Cr の絶対値を比較すると、いずれの水位条件でも、極小値は $Cr < 0.1$ と効果的に低減されていることや、水位条件が深くなると B/L の全域にわたり Cr が増加する傾向も認められた。

減衰波理論による算定結果と実験結果を比較すると、定性的な傾向は一致しているが、やはり定量的な一致度は不十分である。これは、減衰波理論では傾斜版列間からの渦流れの相互干渉など、複雑な流体現象による逸散を十分に表現できないことによると考えられる。

以上の検討より、傾斜版列を前壁とする二重式カーテン版では、想定した範囲ではあるが設置水深（潮位）に関係なく、透過・反射率の両者を効果的に低減できることが判明した。

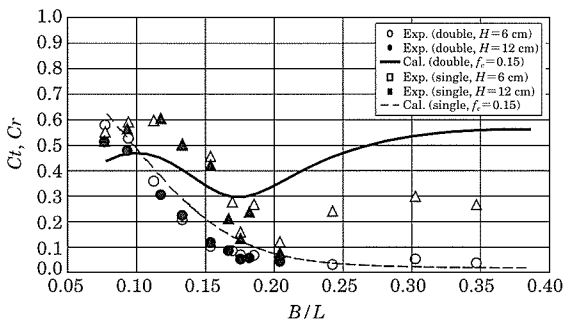


図-9 透過・反射率と B/L との関係（低潮位）
($h = 49.5$ cm, $d_1 = 21.9$ cm, $d_2 = 34.2$ cm, $B = 26.5$ cm)

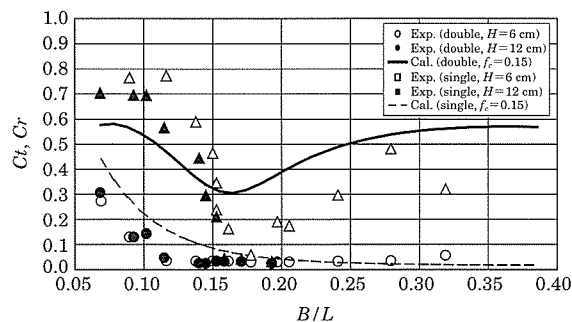


図-10 透過・反射率と B/L との関係（高潮位）
($h = 72.8$ cm, $d_1 = 45.2$ cm, $d_2 = 57.5$ cm, $B = 26.5$ cm)

3.4 実験結果のまとめ

これまで述べてきた検討結果のまとめを以下に述べる。

- 1) 前壁を傾斜版列とする二重式カーテン版では、瀬戸内海のように潮位差が大きい海域でも、潮位に関係なく効果的に反射波と透過波を低減できる。とくに従来型の単一カーテン版の場合と比較すると、反射波の低減機能については著しく向上し、相対的な波エネルギーの逸散率が95%程度にもなる。
- 2) 異吃水の二重式カーテン版では、反射波の低減と波エネルギー逸散の増大は、前壁が不透過版でも傾斜版列

で構成される透過版のときでも、前後壁の間におけるピストンモードの波浪共振や反射側水域と堤体間の水位変動の位相差に起因する渦流れが強化することによる。

- 3) 前壁を傾斜版列とする二重式カーテン版では、その前後壁の間隔を広くすると反射率の低下が顕著な波周期は長周期側に移行する。そして、反射波の低減効果が顕著になるのは、前後壁の間隔 B が波長の $1/6$ 程度である。

4. PC 二重カーテン式消波堤の設計

これまで述べてきた実験結果をもとにして、PC二重カーテン式消波堤は日本国内で2件の施工実績がある。

ここでは、この消波堤を設計するにあたっての一般的な留意点について述べる。

4.1 設計照査方法

PC二重カーテン式消波堤を構成する部材は、下部工は鋼管杭を用い、上部工はプレキャスト部材として①PCカーテン版+杭頭部巻きコンクリート、②上部工コンクリート受けU型支保工術と、現場打ち部材として上部工（天端）コンクリートで構成される。図-11に消波堤構造の例を示す。

前後のカーテン版をPC部材とすることにより以下の利点を得られる。

- 1) 鋼管杭スパンを大きくし、全体工事費の中で大きな比重を占める下部工費を低減する。
- 2) 極力薄い部材とすることができる。これは研究結果より、薄い部材ほど消波効果が高いことが確認されているからである。

消波堤上部工の設計にあたっては、港湾の施設の技術上の基準・同解説に従って、限界状態設計法にて検討を行うことを標準とする。

(1) 安全係数

考慮すべき限界状態としては、終局限界状態・使用限界状態・疲労限界状態について検討を行う。表-1に設計に用いる安全係数を示す²⁾。

(2) 終局限界状態

終局限界状態は、最大耐荷能力に対応する限界状態であり、発生頻度が低い極めて大きな荷重外力により、断面破壊や耐荷能力喪失などが生じる状態に対して安全性を確認する。

(3) 使用限界状態

使用限界状態は、通常の使用性または耐久性に関連する限界状態で、構造物の耐用期間中にしばしば作用する荷重によって比較的軽微な不都合が生じる状態（ひび割れ・変形・損傷）である。鉄筋コンクリートの場合には、コンクリートのひび割れが構造物の機能・耐久性などを損なう状態を主に検討するが、本構造では引張応力を発生させないPC構造物として設計を行う。

(4) 疲労限界状態

疲労限界状態は、耐用期間中の波力による繰り返し作用により、疲労破壊などが生じる状態である。疲労限界状態

表 - 1 安全係数

		限界状態の種別		
		終局限界	使用限界	疲労限界
材料係数 γ_m	コンクリート (γ_{mc})	1.3	1.0	1.3
	鉄筋 (γ_{ms})	1.0	1.0	1.05
荷重係数 γ_f	波力作用時	自重, 静水圧 (浮力)	1.1	1.0
		波力	1.3	1.0
	地震時	自重, 静水圧 (浮力)	1.1	—
		動水圧, 慣性力	1.0	—
部材係数 γ_b	波力作用時	曲げ・軸方向耐力	1.15	1.0
		コンクリートのせん断耐力	1.3	1.0
		せん断補強	1.15	1.0
	地震時	曲げ・軸方向耐力	1.0	—
		コンクリートのせん断耐力	1.15	—
		せん断補強	1.0	—
構造係数 γ_i	波力作用時	1.1	1.0	
	地震時	1.0	—	

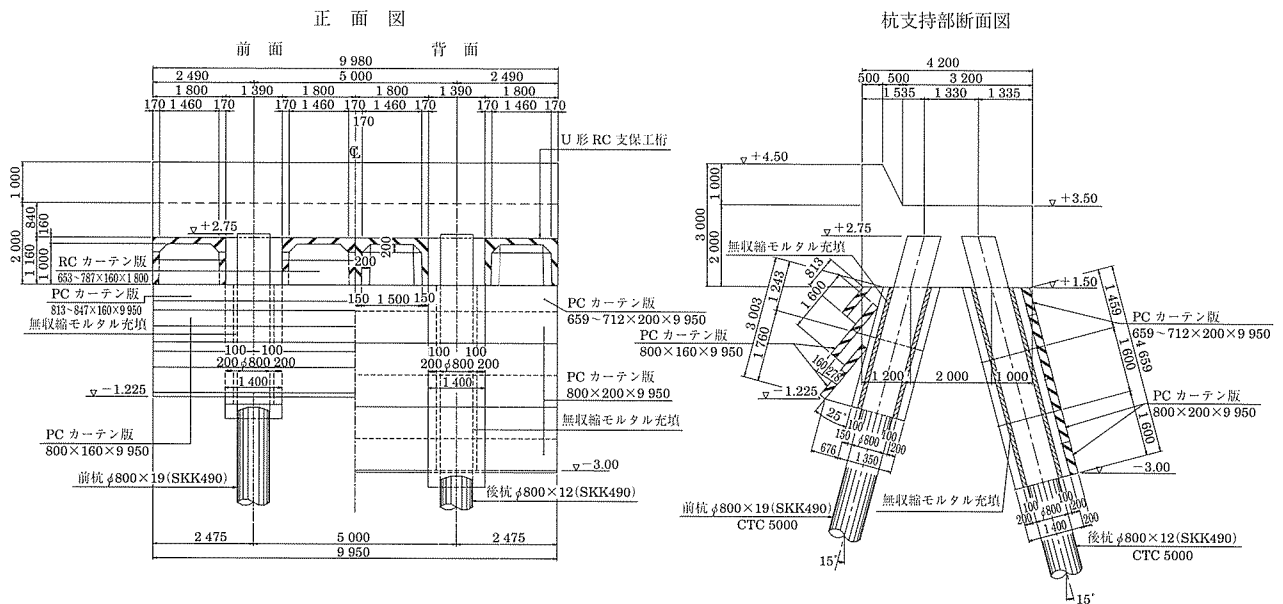


図 - 11 PC二重カーテン式消波堤構造図

に対する検討は、材料の疲労特性および荷重作用が材料に与える応力履歴を基本とし材料の応力履歴による累計回数を算定する。

(5) 施工時の検討

PCカーテン版吊り上げ時および運搬時などの検討については、有害な損傷変形が生じないように検討を行う。

4.2 消波堤全体構造寸法の決定

図 - 12 に消波堤構造寸法と前後のカーテン版吃水との関係を示す。

(1) 後壁カーテン版の吃水

後壁カーテン版の吃水 d_2 は、堤体下部を通過する透過波により乱れる港内静穏度への影響を考慮して、与えられた設計条件に従って波高伝達率と d/h (d = カーテン版の吃水, h = 静水面の高さ) の関係を示す図 - 13³⁾ より求める。

(2) 前壁カーテン版の吃水

前壁カーテン版の吃水 d_1 は、後壁カーテン版の吃水 d_2 に対して、前壁カーテン版の吃水を 1/2 程度に設定した場

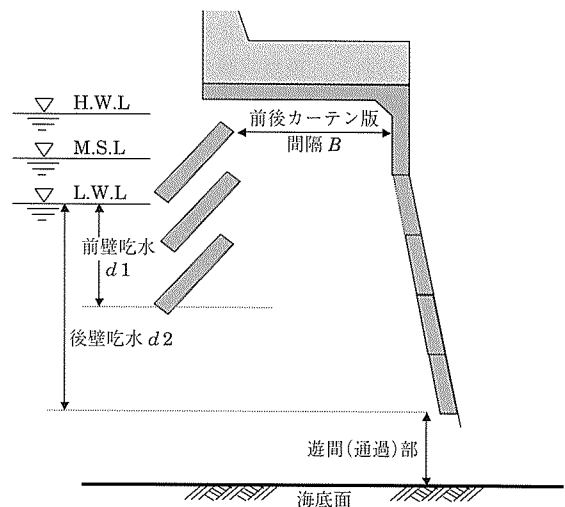


図 - 12 消波堤構造寸法設定図

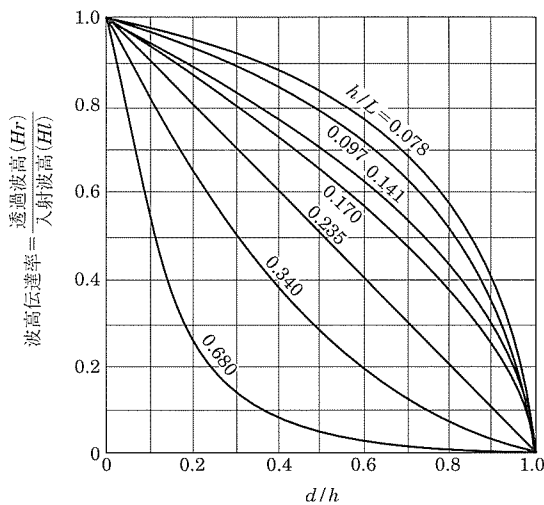


図 - 13 波高伝達率と d/h の関係

合にもっとも消波効果があったこと、および L. W. L 時にも十分な効果が得られるように、L. W. L と後壁カーテン版の吃水の間隔程度に設定する。

(3) 前後壁間隔

与えられた設計波浪条件に対して、実験より求められた反射率 Cr と B/L (B = 前後壁間隔, L = 波長) の関係をもとにして、設計波浪状態が消波効果のもっとも高い位置にくるように、前後壁の間隔を設定する。すなわち、 B/L が 0.15 ~ 0.20 の区間がもっとも消波効果が高いので、与えられた設計波長 L より前後壁間隔 B を決定すればよい。

4.3 設計波力

前後カーテン版設計時における設計波力について、簡単に述べる。

(1) 前壁カーテン版に対する設計波力

基本的に前壁カーテン版は、入射波を直接受けるため、各設計指針に従って求められる波圧分布（合田式波圧算定方法など）の最大波圧強度に対して、版角度による分力の低減を考慮したうえで設計波力とすればよい。

(2) 後壁カーテン版に対する設計波力

後壁カーテン版の設計波力については、入射波が前壁カーテン版を透過後に波力を受けるため、十分に波力の低減効果が得られると判断し、模型実験などによりその低減率を求めて波力を算定すればよい。次式に後壁カーテン版に対する設計波力算定例を示す。

$$P = k \times w \times H \quad (2)$$

- ここで、 P : 後壁カーテン版設計波力
- k : 波力低減率（目安として 0.7 程度）
- w : 海水の単位重量
- H : 設計波高

5. PC 二重カーテン式消波堤の施工

PC 二重カーテン式消波堤の施工は、現地での鋼管杭打設に続き、あらかじめ専門の工場で作られた前壁ならびに後壁を杭に沿って設置し、上部工を施工して完成となる。

ここでは、従来のカーテン式防波堤と施工手順の異なる

前壁傾斜版列の製作についてのみ記述する。その製作は以下の手順に従う。なお、前壁傾斜版の 1 ブロックは図 - 14 に示すように、傾斜列を形成する傾斜 PC 版と傾斜 PC 版間を結合する結合部および鋼管杭を挿入する突起部により構成されている。

(1) 手順 1

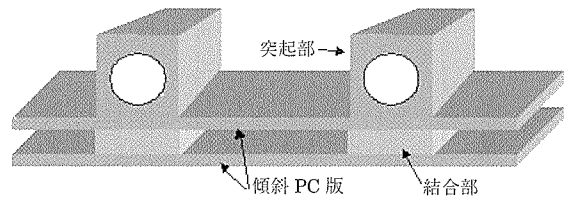


図 - 14 前壁構傾斜版造図

傾斜 PC 版単体をプレテンション方式により製作する。実施例では、PC 鋼より線 1S 15.2 を用いて、版 1 枚あたり有効プレストレス $\sigma_{cp} = 10 \text{ N/mm}^2$ 程度を導入している。写真 - 4 に製作状況を示す。

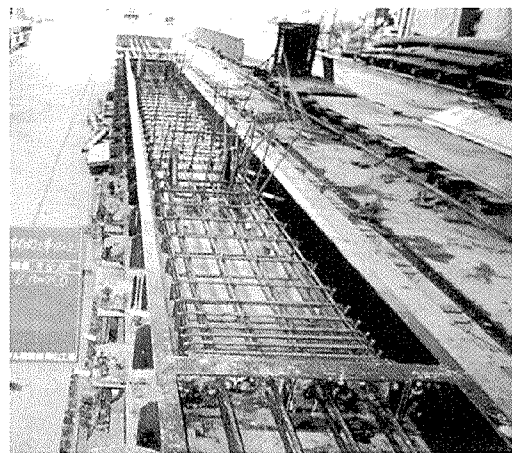


写真 - 4 傾斜 PC 版製作状況

写真の実施工では、コンクリート強度を 70 N/mm^2 とし、PC 版 1 枚あたりの平面寸法は幅 800 mm、長さ 9 950 mm を標準として製作を行っている。版厚は耐久性を考慮して 160 mm としている。これは、同様の環境下に置かれる港湾用 PC 矢板技術マニュアル⁴⁾を参考にかぶり厚 50 mm 以上を確保することから決定している。なお、PC 版端面はもっとも外的腐食要因の影響を受けやすい部分であるので、防食被覆等の対策を施すことを標準としている。

(2) 手順 2

反転機を用いて傾斜 PC 版 2 枚を鉛直にセットした状態で繋ぎ鉄筋を配筋する。その後、型枠組立て・コンクリート打設を行い、結合部を介して 2 枚の傾斜 PC 版を結合する。写真 - 5 に PC 版結合状況を示す。

(3) 手順 3

結合した傾斜 PC 版と単体の傾斜 PC 版を専用の傾斜ゲージ枠上にセットし、結合鉄筋と突起鉄筋を配筋した後に型枠組立て・コンクリート打設を行う。実施例では中空型枠

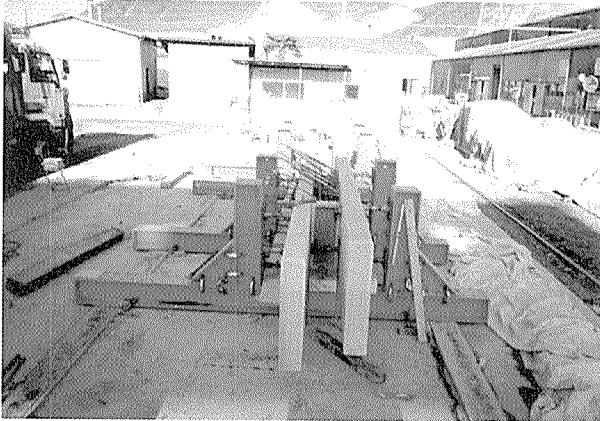


写真-5 傾斜 PC 版結合状況

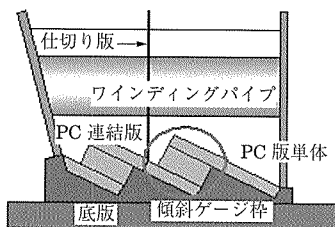


図-15 突起部組立て要領図

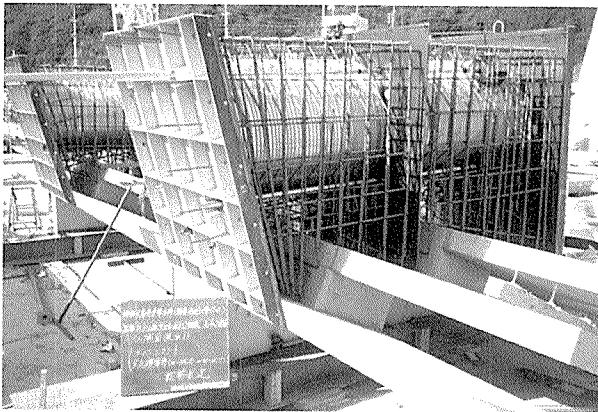


写真-6 突起部製作状況

にはワインディングパイプを使用している。図-15に突起部組立て要領図を、写真-6に突起部製作状況を示す。

(4) 手順 4

突起部の側型枠脱型後にブロックの切離しを行い、サンドベース上で仮置き・反転を行う。その後現場近くの組立てヤードに運搬し、PC鋼棒を用いてブロック間の接合を行う。

写真-7にブロック接合状況を示す。

以上が傾斜版列の製作手順であるが、同様に製作した後

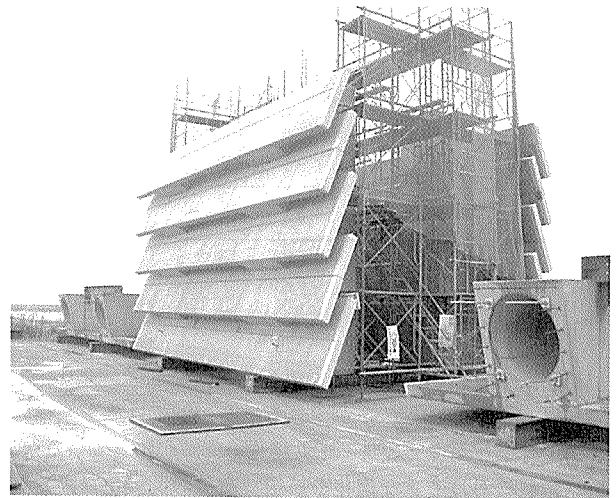


写真-7 ブロック接合状況

壁カーテン版をそれぞれ鋼管杭に突起部を通じて挿入させ、前後カーテン版を完成させることとなる。その後に上部工を施工し完成となる。(写真-1参照)

6. おわりに

新しく開発されたPC二重カーテン式消波堤について、その開発過程ならびに設計・施工について簡単に述べてきた。

PC二重カーテン式消波堤の実施工では、いずれも消波機能を求められて建設がなされたものである。周辺海域を航行する漁船や定期船員への建設後の調査では、反射波の低減に対して感覚的なものではあるが良好であるとの回答が多く寄せられており、安全性向上に寄与したものと自負している。

今後の課題としては、先にも述べたとおり解析手法の精度向上がひとつの課題となる。また、現状では比較的水深の浅い海域を対象に開発を進めてきたが、今後は沖合いなどに設置される水深の深い防波堤についても、PC技術を応用した消波機能を有する構造形式を検討していく方針である。

参考文献

- 1) 中村孝幸, 井手善彦: 波の逸散現象を利用した遇角物体まわりの波変形と作用波力の算定方法, 海洋開発論文集, 第13巻, pp177~182, 土木学会, 1997.5
- 2) (社)日本港湾協会: 港湾の施設の技術上の基準・同解説, p331, 1999.4
- 3) (社)日本港湾協会: 港湾の施設の技術上の基準・同解説, p621, 1999.4
- 4) (財)沿岸開発技術研究センター: 港湾用PC矢板技術マニュアル, p21, 2000.9

【2004年9月21日受付】