

プレキャストフォームケーソン製作工法 (PFC工法)の開発

舟橋政司¹・横沢和夫²・三輪俊彦³・関口信一郎⁴

¹正会員 工修 前田建設工業株式会社 技術研究所 (〒179-8914 東京都練馬区旭町1-39-16)

²正会員 工博 前田建設工業株式会社 技術研究所 (〒179-8914 東京都練馬区旭町1-39-16)

³正会員 工修 前田建設工業株式会社 土木設計部 (〒179-8903 東京都練馬区高松5-8)

⁴正会員 工博 北海道開発庁 計画官 (〒100-8922 東京都千代田区霞ヶ関3-1-1)

港湾あるいは漁港等で防波堤や岸壁の構築に一般的に用いられるケーソンの製作を対象に、高耐久性埋設型枠、RCプレキャスト埋設型枠、突起付きH形鋼および流動コンクリートを使用したプレキャストフォームケーソン製作工法(PFC工法)を開発した。本工法は、プレキャスト部材や鋼材を使用して、フローティングドック(FD)上での作業の大幅な簡略化を図ることで、ケーソン製作の大幅な工期短縮とイニシャルコスト低減を可能とした。また、海洋と接する外面に耐久性に優れた埋設型枠を使用することで、構造物のライフサイクルコストの低減も図れる。

本論文は、PFC工法の開発経緯と実施工へ適用した事例について報告するものである。

キーワード: 港湾用ケーソン, 高耐久性埋設型枠, 流動コンクリート, 複合構造, H形鋼

1. はじめに

近年、土木工事における熟練労働者の減少と高齢化が取りざたされており、港湾工事においても同様の問題が懸念されている。また、現在の社会情勢から、今後新たな社会資本整備を行うためには、可能な限りのイニシャルコスト低減とともに、構造物のライフサイクルコストを考慮することが重要となる。

港湾あるいは漁港等で防波堤や岸壁に用いられるケーソン(以下、港湾用ケーソンと称する)をフローティングドック(FD)上で製作する場合には、工期の短縮がFDの使用期間を短くすることになり、イニシャルコストの低減につながる。しかも海洋と接する外面に耐久性に優れた部材を用いることで、構造物の長寿命化を図り、ライフサイクルコストの低減も可能となると考えられる。

そこで、港湾用ケーソンを対象に、高耐久性埋設型枠、RCプレキャスト埋設型枠や鋼材を使用して、ケーソン製作の省力化と大幅な工期短縮を図ったプレキャストフォームケーソン製作工法(PFC工法)を開発した。

本論文は、PFC工法の開発経緯と、苫小牧港東港での本工法による防波堤ケーソン製作工事の施工結果について報告するものである。また、形状が複雑なために、在来工法では支保工の施工が非常に困難となる、斜面スリット防波堤ケーソンへPFC工法を適用した事例についても紹介する。

2. プレキャストフォームケーソン製作工法(PFC工法)の概要

(1) 使用材料

プレキャストフォームケーソンの概念図を図-1に示す。プレキャストフォームケーソンの製作に使用する主な材料は、ケーソンの外壁外面に用いる高耐久性埋設型枠、中詰め室の内型枠に使用するRCプレキャスト埋設型枠、外壁の鉛直鉄筋の代わりに用いる突起付きH形鋼および埋設型枠間を充填する流動コンクリートである。

高耐久性埋設型枠は、水セメント比 30%のモルタルにステンレスファイバーを体積で 1.5%混入して

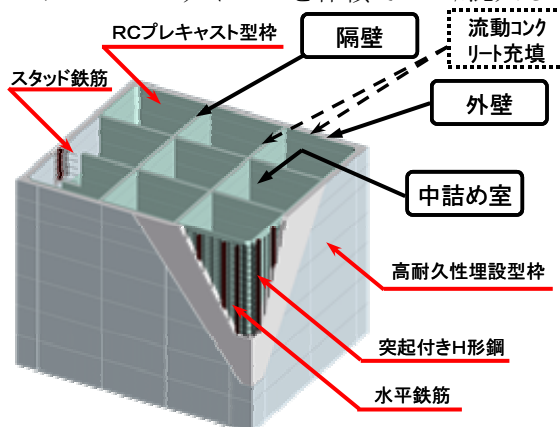


図-1 プレキャストフォームケーソンの概念

補強した厚さ 50mm のモルタル版である。また、RCプレキャスト埋設型枠は隔壁用の鉄筋を内部に配筋した厚さ 75mm の鉄筋コンクリート版であり、ともに本体構造の一部をなしている。そして、突起付きH形鋼はH形鋼のフランジにコンクリートとの付着を確保するために圧延時に縞状の突起を設けたものである。

また、埋設型枠で挟まれた外壁・隔壁部の充填に用いる流動コンクリートは、分離低減型高性能減水剤を使用した、簡易な締固めで高い充填性が得られるコンクリートであり、高流動コンクリートよりも経済的なコンクリートである。

(2) PFC工法による防波堤ケーソンの製作概要

PFC工法の特徴は以下の通りである。

- ① プレキャストフォームケーソン製作の作業は、工場での作業、陸上(製作ヤード)作業およびFD上作業に分類される。
- ② 工場で製作された高耐久性埋設型枠、RCプレキャスト埋設型枠および加工された突起付きH形鋼は、工程に合わせて必要な時期に製作ヤードへ搬入される。
- ③ 陸上で高耐久性埋設型枠、RCプレキャスト埋設型枠を組み立てて、仮置きしておく。
- ④ 外壁の水平鉄筋は、大組みされた高耐久性埋設型枠に陸上で取り付けておく。
- ⑤ FD係留後に組み立てた高耐久性埋設型枠、RCプレキャスト埋設型枠をFD上で積み重ねてケーソンを製作する。

プレキャストフォームケーソン製作の施工手順を図-2 および図-3 に示す。

3. 設計、施工上の課題の検討

(1) 突起付きH形鋼の最大間隔

外壁の鉛直鉄筋の代わりに突起付きH形鋼を用いる場合、鉄筋に比べて断面積の大きい鋼材に置換するため、H形鋼の間隔が広がる。その場合、ひび割れが分散しにくくなるため、ひび割れ幅が拡大し、耐久性に影響を及ぼす可能性があることが懸念された。

また、プレキャストフォームケーソンの設計をする上では、突起付きH形鋼の許容される最大間隔を把握する必要がある。そこで、表-1 および図-4 に示すような、突起付きH形鋼の間隔をパラメータとした鉄骨コンクリート版(SC版)を製作し、曲げ載荷試験を行った¹²⁾。

その結果、表-2 の(A)欄に示すように、突起付きH形鋼の間隔が大きくなるほど、中心軸線上での最大ひび割れ幅が大きくなっている。

コンクリート標準示方書³⁾の「特に厳しい腐食性環境」下での許容ひび割れ幅の規定を基に、許容ひび割れ幅を 0.35mm【 $0.0035C = 0.0035 \times 100 = 0.35\text{mm}(C:\text{かぶり})$ 】とすると、H形鋼間隔がフラン

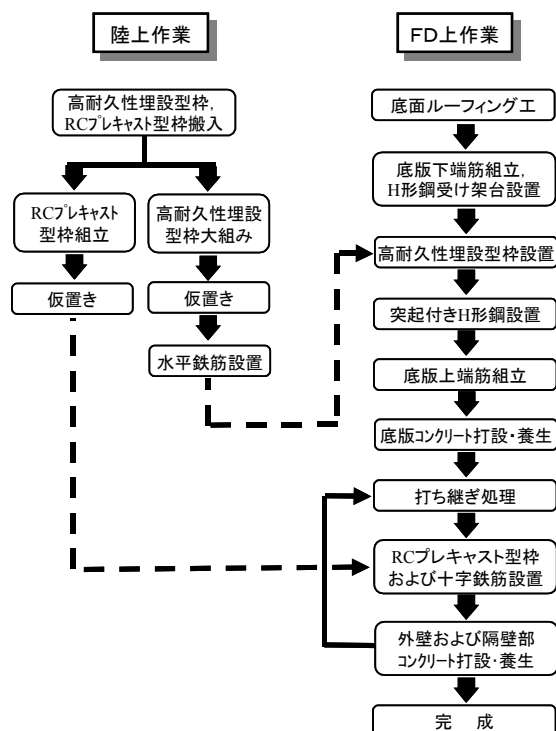


図-2 PFC工法の施工フロー

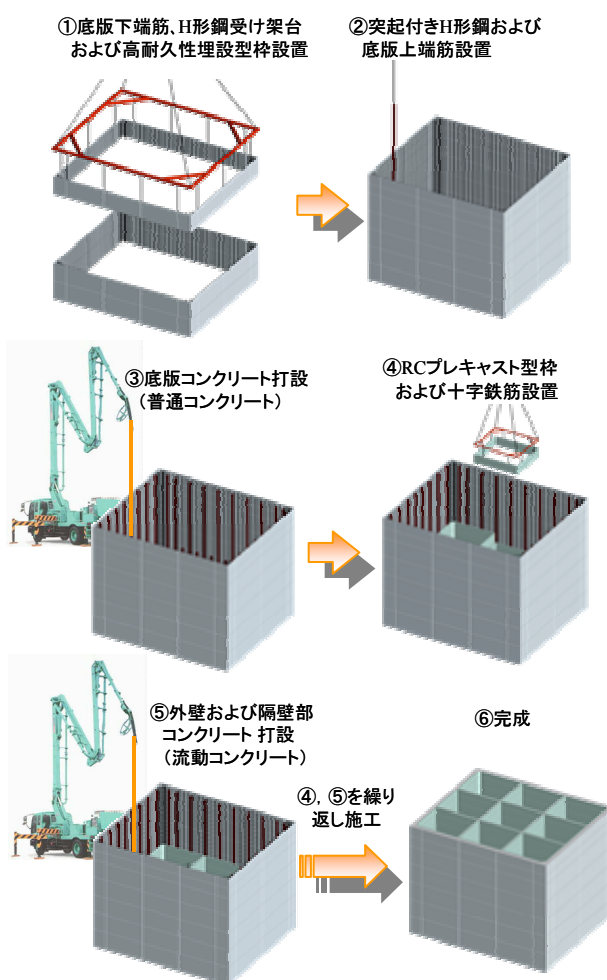


図-3 PFC工法の施工手順

ジ幅の 6 倍までは、この許容ひび割れ幅を満足している。

既往の実験結果で、ステンレスファイバーで補強した高耐久性埋設型枠を引張側に配置すると、ひび割れ幅が 60%に低減できることが明らかとなっている⁴⁾。そこで、高耐久性埋設型枠を取り付けた場合の最大ひび割れ幅を算定すると、表-2 の(B)欄に示すようにH形鋼間隔がフランジ幅の 10 倍(CASE-1)でも許容ひび割れ幅を満足するものと考えられる。

したがって、本工法では、外壁部に高耐久性埋設型枠を使用することを前提に、突起付きH形鋼の最大の間隔はH形鋼フランジ幅の10倍以下で設計するものとした。

表-1 実験ケース一覧

実験ケース	H形鋼の中心間隔①	①/フランジ幅	試験体の幅
CASE-1	1000mm	10	2000mm
CASE-2	800mm	8	1600mm
CASE-3	600mm	6	1200mm
CASE-4	400mm	4	800mm

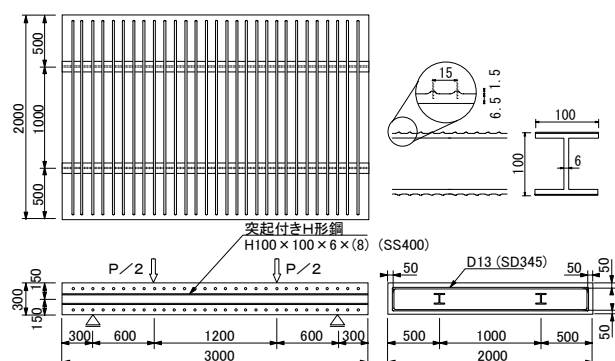


図-4 試験体の形状・寸法 (CASE-1 の例)

表-2 SC 版試験体の最大ひび割れ幅

実験ケース	SC版試験体 (A)		高耐久性埋設型枠を取り付けた場合(算定値) (B)	
	H形鋼位置	中心軸線上	H形鋼位置	中心軸線上
CASE-1	0.31mm (0.93)	0.51mm (1.56)	0.19mm (0.93)	0.31mm (1.56)
CASE-2	0.36mm (1.06)	0.41mm (1.25)	0.21mm (1.06)	0.25mm (1.25)
CASE-3	0.32mm (0.96)	0.34mm (1.02)	0.19mm (0.96)	0.20mm (1.02)
CASE-4	0.34mm (1.00)	0.33mm (1.00)	0.20mm (1.00)	0.20mm (1.00)

ひび割れ幅は、H形鋼下フランジが許容引張応力度140N/mm²時の値。

()内の数字は、CASE-4に対する比率を示す。

(2) 埋設型枠間への確実なコンクリート充填

4. で後述する施工対象のケーソン（長さ 14m×幅 12m×高さ 11m）を在来工法で施工した場合、コンクリート打設回数は底版コンクリートを含めて 4 回となる。この時、現場でのコンクリートの打設回数を減らすことが、FD上での工期を短縮することとなる。そこで、底版コンクリートを 1 回、外壁・隔壁部は、1 回の打設高さを約 5mとして、2 回打設とした。

また、壁厚 450mm の外壁部の充填コンクリート部の厚さは 325mm となる。しかも、外壁内には 150mm の突起付きH形鋼がある。一方、隔壁部は厚さ 250mm であり、RCプレキャスト埋設型枠の厚みを除くと、100mm の厚さに充填コンクリートを打設しなければならない。

プレキャスト型枠で挟まれた部分にコンクリートを打設する場合、充填状況の確認が困難となる。しかも、型枠の幅が狭く、打設高さが高い。高流動コンクリートを使用すれば、確実な充填が確保できるが、側圧に対する補強が必要となることや、材料コストがかなり高くなる等の課題がある。

したがって、外壁・隔壁部に用いるコンクリートは、普通コンクリートよりも流動性・充填性が良く、高流動コンクリートよりも安価でしかも簡易な締固めで高い充填性が得られるコンクリートが望ましい。

そこで、分離低減型高性能減水剤を使用することで、単位セメント量を抑制しながら、流動性、充填性を確保できる流動コンクリート⁵⁾を使用した。また、図-5に示す隔壁部を模擬した壁状の型枠を用いて、充填性の確認試験を行った⁶⁾。

その結果、直接締固めを行っていない鉄筋周辺にも十分コンクリートが充填されており、コア採取による圧縮強度も、締固めの有無で差がない(有：36.7N/mm²，無：34.6N/mm²)ことが認められた。また、型枠に作用する最大側圧は 2.5m 打上り時の 0.037N/mm²(液圧 0.059N/mm²)と普通コンクリートを振動締固めした場合の 0.039 N/mm² (2.0m 打上り時)と同等であった。

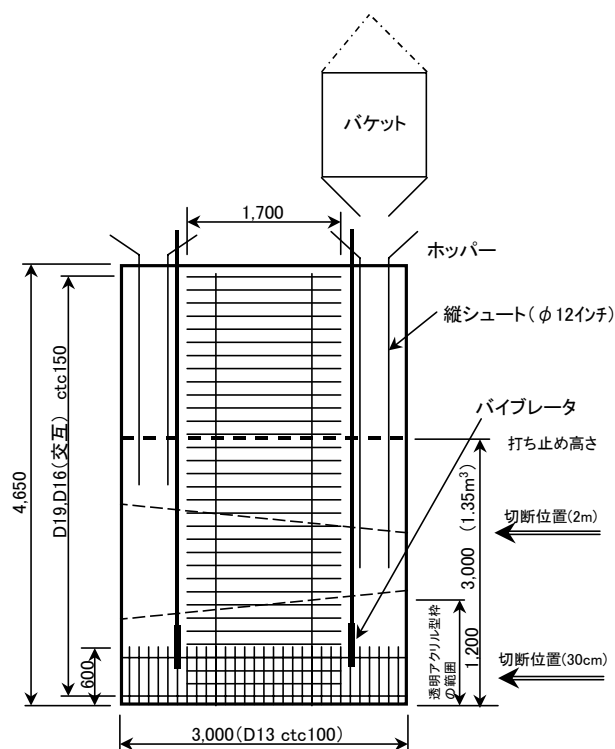


図-5 コンクリートの充填確認試験

4. 直立ケーソンの実施工

(1) 苫小牧港東港区内B防波堤ケーソンの概要

苫小牧港東港で施工したプレキャストフォームケーソンの形状・寸法は、図-6 に示すように、長さ14m×幅12m×高さ11mの直方体であり、質量は1209tonである。また、沈設時に砂が投入される中詰め室は9マスである。

主要使用材料を表-3に示す。

(2) 工場でのプレキャスト部材製作

高耐久性埋設型枠製作用の型枠内に所要のインサートをセットし、オムニミキサで混練したステンレスファイバー混入モルタルを打設した。

一方、RCプレキャスト埋設型枠は、粗骨材最大寸法20mmのコンクリートを使用して製造した。

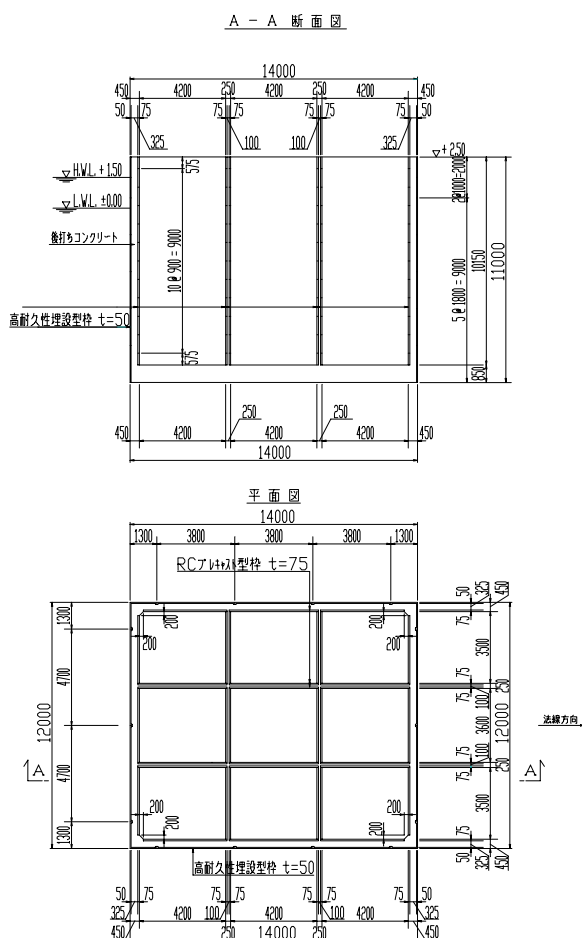


図-6 苫小牧港東港区内B防波堤ケーソン

表-3 主要使用材料

名 称	数 量	仕 様
高耐久性埋設型枠	572 m ²	厚さ50mm, 【材齢14日】曲げ強度7.85N/mm ² , 圧縮強度70N/mm ² (設計上24N/mm ²), H=1800mm×5段, H=1000mm×2段
RCプレキャスト型枠	1,417 m ²	厚さ75mm, 【材齢14日】曲げ強度4.5N/mm ² , 圧縮強度35N/mm ² (設計上24N/mm ²), H=900mm×10段, H=575mm×2段
突起付きH形鋼	15.0 ton	SM490A, H=150×158×7×10, 突起高さ1.5mm, 突起ピッチ15mm, L=10.7m-36本, L=3.65m-14本
流動コンクリート	217.0 m ³	設計基準強度24N/mm ² , Gmax20mm, スランプフロー500±100mm

また、高耐久性埋設型枠、RCプレキャスト埋設型枠ともに、常圧蒸気養生を行い、打ち継ぎ面は、充填コンクリートとの付着を確保するために、高圧洗浄水により目荒し処理を行った。

(3) 陸上でのプレキャスト型枠の組立

a) 高耐久性埋設型枠の組立

高耐久性埋設型枠は、コーナーパネル4枚、平パネル10枚で14m×12mの大きさに大組みした(写真-1参照)。1段の高さは、1800mm(5段)および1000mm(2段)である。

高耐久性埋設型枠の組立ヤードは、レベル調整した組立架台を各パネルのジョイント部に配置した。組立架台には、パネルの鉛直性および型枠の直線性を調整できるように、上下にジャッキが付いている。また、パネル両端のリブ(高さ50mm)にボルトを通してパネル同士を連結した。各鉛直目地部には止水ゴムを取付けてある。

高耐久性埋設型枠の組立には、クローラークレーン(60ton)を使用し、大組みした高耐久性埋設型枠は、レベルを保持して仮置きした。仮置き中に高耐久性埋設型枠の内面に、外壁の水平鉄筋を取り付けた。

b) RCプレキャスト埋設型枠の組立

RCプレキャスト埋設型枠は、RCプレキャスト埋設型枠組立架台を使用し、平パネル4枚をボックス状に組み立てた(写真-2参照)。ボックスの数は合計108個で、高さは標準部で900mm(90個)、最下段および最上段では575mm(18個)である。この高さは



写真-1 高耐久性埋設型枠組立て状況



写真-2 RCプレキャスト埋設型枠組立て状況

F D 付属のクレーンでの吊り込みを考え、ボックスの質量が3ton未満となるように設定した。

(4) F D 上でのケーソンの製作

a) 底版下端筋およびH形鋼受け架台設置

F D 上にルーフィングシートを敷設した後、底版の下端筋を配筋し、その上に突起付きH形鋼を建て込むための受け架台を設置した。

b) 高耐久性埋設型枠の設置

大組みした高耐久性埋設型枠をF D 上に設置するために、専用の吊り治具を使用し、吊り治具と各ジョイント部の全てのジョイント部にレバーブロックを取り付け、水平に吊り上げられるようにした。

F D 上への設置には、陸上からトラッククレーン(500ton)を使用して行った(写真-3参照)。高耐久性埋設型枠の水平目地には止水ゴムを取り付け、エポキシ樹脂で上下の埋設型枠を接着した。

c) 突起付きH形鋼・底版上端筋設置および底版コンクリート打設

突起付きH形鋼を受け架台にボルトで締結し、中段では高耐久性埋設型枠のインサートを利用し、上段では外足場を利用して固定した(写真-4 参照)。

その後、底版の上端筋を配筋し、陸上に配置したポンプ車により、スランプ 12cm の普通コンクリートで底版(850mm 厚)を打設した。

d) R C プレキャスト埋設型枠の設置

外壁・隔壁部のコンクリートは2回に分けて打設するため、まずR C プレキャスト埋設型枠を9マス×6段分(575mm×1段, 900mm×5段)=54個設置した(写真-5 参照)。F D に付属のクレーンを用いてボックスを設置し、高耐久性埋設型枠あるいは隣接するR C プレキャスト埋設型枠とセパレータで固定した。また、内足場は、R C プレキャスト埋設型枠の上昇に合わせて移動可能なものとした。

e) 外壁・隔壁部コンクリート打設

外壁・隔壁部には表-4 に示す流動コンクリートを使用し、1 リフト目は高さ約 4.8m を、打上がり高さ 1m/hr 以下として、外壁、隔壁の順で打設した。打設には陸上に配置したポンプ車を用い、配管の先端にホース(φ8 インチ)を取付けて壁内に挿入して行った。コンクリート打設後、打継ぎ処理剤を散布した。

2 リフト目についても(4)および(5)(打設高さ約 5.2m, 写真-6 参照)の作業を繰り返して、プレキャストフォームケーソン製作を完了した(写真-7 参照)。

なお、外壁と隔壁交差部のH形鋼フランジ内側や隔壁交差部の鉄筋位置に、高さ方向に 1m ピッチで熱電対を設置し、コンクリート打設中に計測を行った。その結果、充填が困難な場所にも確実に充填さ



写真-3 高耐久性埋設型枠設置状況



写真-4 突起付きH形鋼設置状況



写真-5 RC プレキャスト埋設型枠組立て状況



写真-6 流動コンクリート打設状況

表-4 外壁・隔壁部コンクリートの配合

粗骨材 最大寸法 (mm)	スラング フロー (mm)	空気量 (%)	単位 粗骨材 絶対容積 (m ³ /m ³)	単位量(kg/m ³)							高性能 減水剤	空気量 調整剤
				W/C (%)	s/a (%)	W	C	S	G			
20	500	4.5	0.310	43	55	155	360	1003	837	C× 0.90%		適量

れていることが確認された。

(5) 工期

なお、今回の実施工におけるFD上での実稼働工程(養生を含め24日)を表-5に示す。

また、暦日では26日で製作できており、在来工法による暦日50.6日(積算上)の約半分であった。

5. 斜面スリットケーソンへの適用事例

(1) 斜面スリットケーソン防波堤の概要

斜面スリットケーソン防波堤とは、直立スリットケーソン防波堤の消波機能と上部斜面堤の高い安定性能の特徴を取り入れた大水深・高波浪の海域に適用する北海道開発局で考案された新形式防波堤である(図-7参照)⁷⁾。

スリット間隔や遊水室の幅を適切に選定することにより、優れた安定性と消波性能を得ることができる。

斜面スリットケーソン防波堤への作用波圧の基本概念を図-8に示す。その特徴は以下の通りである。

- ① 斜面に作用する波力の鉛直成分が堤体とマウンドの間の摩擦を増し、安定性が增大する。
- ② 斜面の傾斜角度、スリットの開口率や間隔を適切に選定することにより、高い消波性能や反射性能を得ることができる。
- ③ 水面上にケーソン幅が小さく、前面が傾斜した構造を呈していることから、景観上優位な構造物であると考えられる。
- ④ 従来の消波ブロック被覆堤に比べ水面の占有面積を小さくでき、堤体前面海域の有効利用が可能となる。

(2) PFC工法による斜面スリットケーソン製作

PFC工法を用いた場合の斜面スリットケーソンの構造概念を図-9に示す。斜面スリットケーソンは、防波堤として設置された後は、後方の中詰め室には砂が投入される。また、前面のスリットを通過して減衰した波は、遊水室背面の斜面を駆け上がることとなる。ケーソン製作にあたっては、海水に接する外周および遊水室には、高耐久性埋設型枠を使用し、中詰め室にはRCプレキャスト埋設型枠を用いた。

北海道福島漁港外東防波堤に用いる斜面スリットケーソンは、長さ15.0m×幅9.8m×高さ8.5m(図-10参照)であり、FD上で2函同時製作した(質量923.5ton/函)。コンクリートの打設は、底板部1回、壁部3回の計4回で行った。表-6に斜面スリットケーソン2函分の主要使用材料を示す。

斜面スリットケーソンは形状が複雑であるため、



写真-7 防波堤ケーソンの完成

表-5 PFC工法による製作実工程

工 種	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
ルーフィング、外足場、他	■																								
底板鉄筋工		■																							
H形鋼受け架台設置			■																						
突起付きH形鋼設置						■																			
高耐久性埋設型枠設置							■																		
RCプレキャスト型枠設置										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
コンクリート工										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
打継処理・養生											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
進水・仮置き																									■

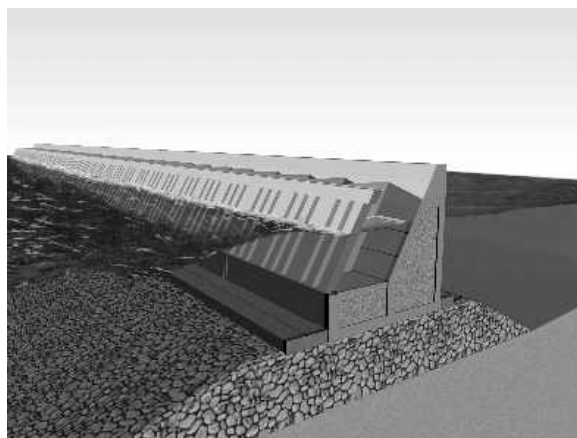


図-7 斜面スリットケーソン防波堤の概念図

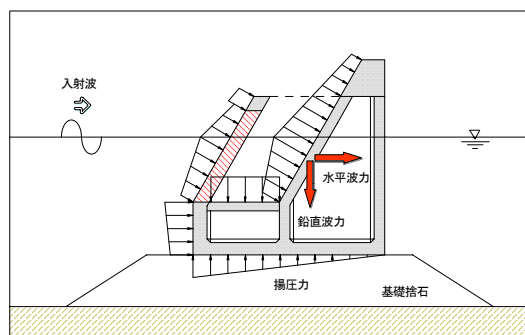


図-8 斜面スリットケーソン防波堤への作用波圧の基本概念

前述した苫小牧港東港区内B防波堤ケーソンの製作方法のように、ほとんど全てのプレキャスト部材を陸上で組み立てて、FD上で積み重ねていくという方法は採用できない。そこで、以下に示すような施工手順で斜面スリットケーソン製作を行った。

- ① 陸上の作業ヤードで中詰め室部分をRCプレキャスト埋設型枠で、台形のボックス状に組み立てる。
- ② FD上でRCプレキャストボックス支持架台設置および底版下端筋配筋を行う。
- ③ ボックス状に組立てたのRCプレキャスト埋設型枠を支持架台の上に設置する（写真-8 参照）。
- ④ 遊水室背面の突起付きH形鋼を設置する（写真-9 参照）。
- ⑤ 外周部最下段の高耐久性埋設型枠を設置する。
- ⑥ 底版コンクリート（普通コンクリート）を打設する。
- ⑦ スリット部のH形鋼を設置する。
- ⑧ 遊水室隔壁部およびスリット部の鉄筋を組み立てる。
- ⑨ 遊水室直立部鉄筋組立、高耐久性埋設型枠を設置する。
- ⑩ 外壁、隔壁部のコンクリート打設（流動コンクリート）を行う。
- ⑪ 遊水室および外周部中段の高耐久性埋設型枠を設置する。
- ⑫ 側壁・隔壁スリット柱下段高耐久性埋設型枠を設置する。
- ⑬ 独立スリット柱H形鋼を添接する。
- ⑭ 独立スリット柱下段の高耐久性埋設型枠を設置する。
- ⑮ 外壁、隔壁部のコンクリート打設（流動コンクリート）を行う。

- ⑯ ⑪，⑫および⑭を繰り返す。
- ⑰ スリット上部梁鉄筋組立および高耐久性埋設型枠を設置する。
- ⑱ 外壁，隔壁，スリット部およびスリット上部梁部のコンクリート打設（流動コンクリート）を行う。
- ⑲ 最終養生後，スリット部に止水蓋を取り付けて進水させ，防波堤ケーソンとして所定の場所に設置するまで仮置きする。

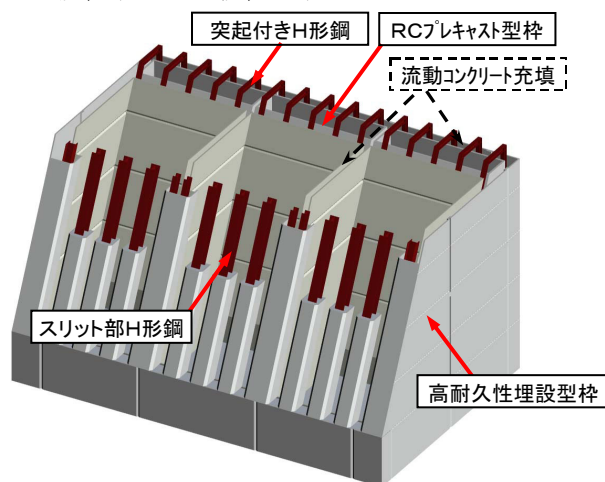


図-9 斜面スリットケーソンの構造概念図

表-6 主要使用材料（2函分）

名 称	数 量	仕 様
高耐久性埋設型枠	1,720 m ²	厚さ50mm，【材齢14日】曲げ強度7.85N/mm ² ，圧縮強度70N/mm ² （設計上24N/mm ² ）
RCプレキャスト型枠	706 m ²	厚さ75mm，【材齢14日】曲げ強度4.5N/mm ² ，圧縮強度35N/mm ² （設計上24N/mm ² ）
突起付きH形鋼	18.0 ton	SM490A，H-150×159×8×10，突起高さ1.5mm，突起ピッチ15mm
普通H形鋼	18.8 ton	SM400，H-250×250×9×14-10.8ton，H-350×350×12×19-4.6ton，H-200×200×8×12-3.4ton
流動コンクリート	367.0 m ³	設計基準強度24N/mm ² ，Gmax20mm，スランプフロー500±100mm

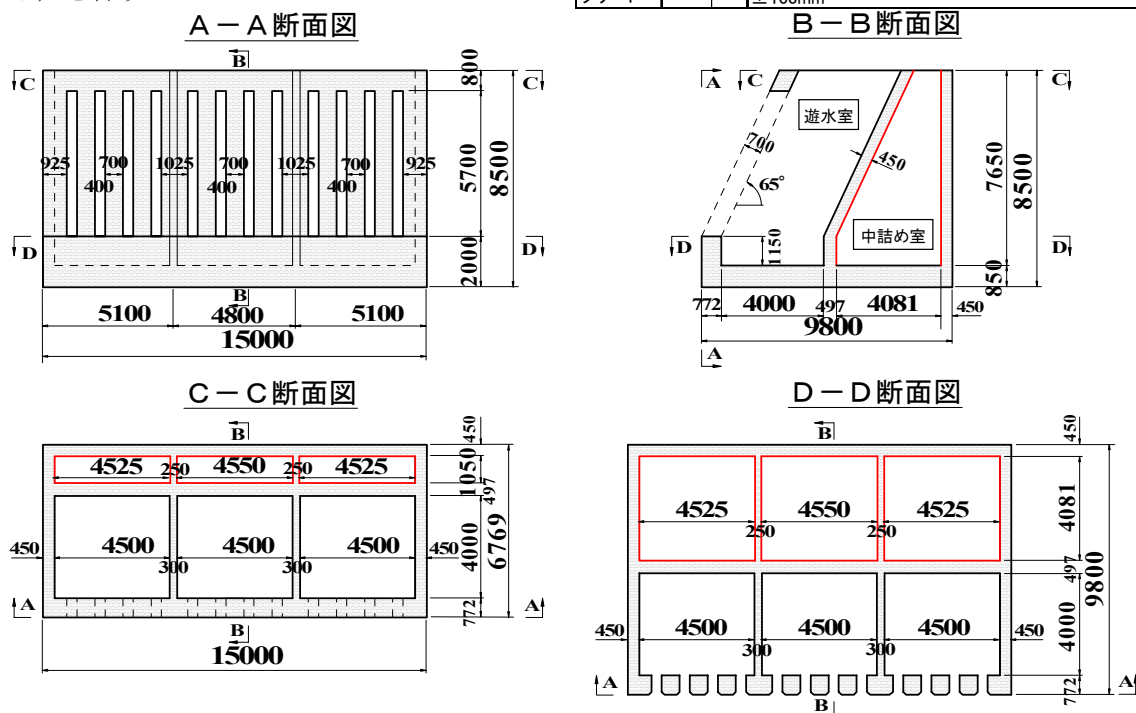


図-10 福島漁港外東防波堤ケーソン



写真-8 RC プレキャスト埋設型枠設置状況



写真-9 遊水室背面突起付きH形鋼設置状況



写真-10 遊水室高耐久性埋設型枠設置状況

6. まとめ

- (1) 突起付きH形鋼の最大間隔は、H形鋼フランジ幅の10倍以下とすることが適当である。
- (2) 分離低減型高性能減水剤を用いた流動コンクリートを使用することにより、H形鋼フランジ内側や厚さ100mmの隔壁充填部の鉄筋周りにもコンクリートが確実に充填できた。
- (3) 流動コンクリートを用いることで、本構造形式の外壁・隔壁部を5m程度の高さで打設することが可能である。

- (4) PFC工法を直立防波堤ケーソンに適用した場合、FD上での工期は、在来工法の約半分であった。今回は、パイロット事業として1函のみの製作であったため、コストは在来工法と同程度となったが、函数が増え、プレキャスト部材を大量生産することで大いにコストメリットが現れるものとする。
- (5) 形状が複雑な斜面スリット防波堤ケーソンの製作においても、PFC工法の適用で支保工の簡略化が可能となることが実証された。

謝辞：本工法に対し、北海道開発局の新構造形式ケーソン製法工法開発検討委員会(委員長：佐伯浩北海道大学教授)の中で討議され、委員の方々に貴重なご意見を頂きましたことを厚く御礼申し上げます。

また、実施工にあたり、北海道開発局室蘭開発建設部苫小牧港湾建設事務所の岡崎光信氏をはじめとし、苫小牧港湾建設事務所ならびに函館開発建設部松前港湾建設事務所の皆様に、いろいろとご指導をいただきました。さらに、共同開発者として、実験等のご協力を頂いた川崎製鉄(株)大久保浩弥氏をはじめ、川崎製鉄(株)の多くの方々に、多大なご尽力を頂きました。末筆ながら、ここに謝意を表します。

参考文献

- 1)大久保浩弥, 芥川博昭, 舟橋政司, 小原孝之：突起付きH形鋼の配置間隔がS C板部材の耐荷性能およびひび割れ性状に及ぼす影響, 土木学会第54回年次学術講演会講演概要集, pp. 794-795, 1999. 9
- 2)関口信一郎, 小原孝之, 舟橋政司, 横沢和夫：鉄骨コンクリート複合構造板状部材の曲げ耐力と最大ひび割れ幅の評価方法に関する研究, 構造工学論文集, Vol. 47A, pp. 1465-1473, 2001. 3
- 3)(社)土木学会：コンクリート標準示方書[平成8年制定]設計編, 1996
- 4)河野一徳, 篠田佳男, 長崎利哉, 大久保浩弥：突起付きH鋼を用いた鉄骨コンクリート梁部材のひび割れおよび変形状, 土木学会第50回年次学術講演会講演概要集, pp. 870-871, 1995. 9
- 5)柳澤太一, 中島良光, 舟橋政司, 渡部正：分離低減型高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートの材料分離抵抗性および締固め特性に関する検討, 土木学会第53回年次学術講演会講演概要集, pp. 390-391, 1998. 10
- 6)舟橋政司, 渡部正, 柳澤太一：分離低減型高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートの施工性試験, 土木学会第53回年次学術講演会講演概要集, pp. 400-401, 1998. 10
- 7)関口信一郎, 妹尾英世, 中内勲：斜面スリット堤の開発, 海と港, No. 17, 1999