

海洋構造物委員会活動総括とPC海洋構造物の現状報告

海洋構造物委員会 鈴木 義晃*

1. はじめに

1998年5月のFIPとCEBとが統合されたfibにおいて、FIPに常設されていた海洋構造物委員会がなくなったため、PC技術協会においても、fibの体制に整合させるために海洋構造物委員会が解散されることになった。

本報文は、これまでの当委員会の活動を総括的にまとめるとともに、最終のワーキング活動となった「最近のPC海洋構造物の事例調査」を中心にPC海洋構造物の現状を紹介するものである。

2. 海洋構造物委員会の経緯

昭和53年1月24日開催の役員会(理事会)において海上秀太郎副会長から海洋構造物委員会新設について提案され、君島博次 東海大学教授に委員長をお願いすることになった。設置の背景には、当時、関西新空港の建設構想が浮かび上がり、運輸省の航空審議会の答申書ではその造成には埋立て・干拓・棧橋および浮体の4案が検討された後、わが国で経験も多く未知要素の少ないとされる埋立て造成案が当時最適であるとの答申がなされている。たまたまこの時にあたり、造船工業会の鋼製浮体案が提起されたのを契機に、プレストレストコンクリートによる浮体空港案も並んで提案し、斯界のご叱正とご指導を仰ぎたいと考えたことにある。

君島委員長は昭和63年3月までの10年間任務にあたり、「関西国際空港の海上空港建設工法に関する研究」を手始めに、その後、FIP Commission on Concrete Sea Structuresのメンバーである関係で「海洋構造物に関する海外の設計指針等」を入手して、その翻訳作業を精力的に行った。その後、長崎作治 東海大学海洋学部教授が委員長に就任し、浮体モデルの水理実験およびケーススタディーを中心に大型のPC浮体構造物の提案を行った。

平成10年12月2日第113回委員会をもって、昭和53年4月26日第1回委員会より20年間にわたる活動に終止符が打たれた。

3. 活動の成果

当委員会の成果は、プレストレストコンクリート誌およびプレストレストコンクリートシンポジウムで18編(参考文献¹⁾~¹⁸⁾)を發表し、4編(参考文献¹⁹⁾~²²⁾)の報告書を作成しており、以下にその概要を述べる。

3.1 浮上式プレストレストコンクリート製海上空港に対する構想^{1), 4)}

関西新空港建設のために検討されたもので、浮体規模

は、長さ300 m、幅60 m、高さ12 mのダブルハルの函体ユニット240基を各地で製造し、現場に曳航して洋上でプレストレスをかけて接合・一体化して、長さ5 000 m、幅840 mの浮上式着陸帯を主副2本を造るものである。

セメント協会と共同で写真-1のパンフレットを作成してPRを実施した。



写真-1 パンフレットの表紙

文献⁴⁾においては、当時の委員である長崎教授を中心として1函体ユニットの縮尺1:150のモデルを用いて各種波浪による波漂流力、運動特性(ヒービング、サージング、ピッチング)およびケーソン底板にかかる波圧を測定して、昭和55年度海洋構造物委員会報告を行っている。

3.2 「海洋コンクリート構造物の設計と施工のための示方書—ACI委員会357による報告—」の翻訳^{2), 3)}

ACI委員会、北アメリカ海中油田が発見されたことを契機に、北海におけるコンクリートプラットフォームが成功していること、さらに海洋におけるコンクリート挙動やコンクリート構造物に関する知識が急速に広まったことによって、アメリカの海域においても巨大コンクリート海洋構造物の使用は有望となりつつあるとの見通しで、このような構造物の設計のための示方書として作成した。

* Yoshiaki SUZUKI : (株)ビー・エス 開発技術 第一部

この報告書の適用範囲は、海洋における固定式鉄筋コンクリート製またはプレストレストコンクリート製構造物の設計のための示方書である。ここでは、海底に設置され、重力の鉛直力で安定性を得られる固定構造物についてのみ述べてある(1. 一般, 2. 材料と耐久性, 3. 荷重, 4. 設計および解析, 5. 基礎, 6. 建設および据付け, 7. 検査および補修, 付録A 環境荷重, 付録B 耐震設計)。

3.3 「浮遊コンクリート構造物の設計・施工および船級のための指針」の翻訳^{5), 6)}

この指針は、可動コンクリート構造物の設計と建設・操業に適用される。また、フェロセメントや軽量コンクリートで造られた構造物や構造物の保全あるいは水密性に対して重要でないコンクリート部材には本規定を適用しない(1. 用語の定義, 2. 一般規定, 3. 設計の原則, 4. 荷重, 5. 構造解析, 6. 構造設計, 7. 施工上の規定, 8. 材料・試験・検査, 9. 維持管理の等級, 付録1 荷重と力)。

3.4 「海洋構造物の設計・施工および点検に関する規則—PART II: 付録—」の翻訳⁷⁾

付録Aから付録Jまでであるうちの付録A外界条件, 付録B 荷重について翻訳したものである。付録を刊行した目的は推奨すべき手続き方法を与えたものである(A1 風, A2 波, A3 潮流, B1 風荷重, B2 波荷重, B3 流速による振動)。

3.5 PCフローティング構造物(原油備蓄タンク, セミサブタイプ)⁸⁾

フローティング原油備蓄タンク(セミサブタイプ260m×130m×8m)について縮尺1:200のモデルを用いて各種波浪について波漂流力, 運動特性および底板と側板にかかる波圧をモデル実験したもので, 昭和56年度海洋構造物委員会報告を行っている。

3.6 「海洋コンクリート構造物の防食指針(案)に関する一考察」⁹⁾

日本コンクリート工学協会は, 1983年に「海洋コンクリート構造物の防食指針(案)」を発刊した。この指針(案)は, 主として鉄筋コンクリート構造物に関して, 調査・研究されてきたものであり, プレストレストコンクリート構造物に対してまでは, 画一的に適用しがたいものがある。

当委員会は, 諸外国の基準を比較して, かぶり, ひび割れ, 塩分量, 防食方法についての見解を示した。

3.7 建造中の円形, 正方形PC海洋重力型構造物にかかる波漂流力と運動特性ならびに底板, 側板の作用波圧について^{10), 11)}

重力型プラットフォームを建造するには, 波の静かなフィヨルド内にベース浮函を引き出し, 常に乾舷を一定にして2年~3年を要してコンクリート打設が繰り返され, 構造物が造られ現地に曳航される。

この建造期間中に作用する波漂流力について, 構造物の正方形・円形ならびに孔壁をもつ円形等の形状と, 吃水の変化に関するもので, 昭和57年度海洋構造物委員会報告を行っている。

3.8 「FIPコンクリート海洋構造物の点検, 保全, 補修」の翻訳^{12)~14)}

北海のコンクリート構造物に関して, 多くの保証機関が

選定された。構造物のほとんどはLRS(ロイズ船級協会, 英国)によって保証された。国および保証機関の要求に従った海洋構造物の点検・保全・補修は, 適合性の保証(認可)の更新の一つの条件となっている。

Daly氏の研究グループは8年間に及ぶ北海のイギリス, ノルウェーで建設された14基のプラットフォームの調査研究を中心にまとめたもので, 現在使われている構造物に関する経験に基づいて, たいへん貴重な提案が報告されている。

また, 海洋構造物に対してコンクリート材料がいかに優れているかが理解される。

3.9 「FIPコンクリート海洋構造物の設計・施工のための報告」の翻訳¹⁵⁾

FIPにおいてはコンクリートが海洋に急速に応用され進展したことによって, 1972年の第1版より最新の知見による勧告として出版されている。本編は, 1984年第4版のR2 荷重とR4構造設計ならびに詳細について報告されている。

3.10 洋上マリーナ施設に関する設計・施工法の研究^{16)~20)}

わが国の海洋レクリエーションも海水浴・海辺のキャンプ等の親水アメニティー型や釣りに加え, ヨット・モーターボート・スキューバダイビング・サーフィン等のスポーツ型, 客船・遊覧船等のクルーズ型とさまざまな分野の幅広い活動が盛んに行われるようになってきた。とくに, マリンスポーツの受け皿となるのがマリーナであるが, プレジャーボートの増加に伴い現在全国に存在する約380カ所のマリーナ数では明らかに不足しており, 各地の放置艇の問題が顕在化している。

これらの社会的背景をもとに各地にマリーナを中心とする開発事業が計画されているが, マリーナの建設に最適な入り江や港湾・河川等の静穏な区域は漁業活動や輸送活動等に活発に使用されており, 水面利用の調整も難しくなっている。静穏な入り江や港内にはなく, 今までに建設適地と考えられていなかった沖合に設置できるマリーナを主体としたレクリエーション施設・ホテル・ヘリポート等を備えた円筒形の大型プレストレストコンクリート製浮体構造物(直径130m, 高さ57m)の提案を行った。

3.11 海洋の空内に設置される浮体構造物有効活用の研究報告書²¹⁾

潮汐の干満, 波動による海水の移動による石積堤レキ間の水質浄化機能を応用した周囲を取り囲んだ石積浄化堤, いわゆる海の空ろ内の静穏海域に設置する浮体構造物の研究である。施設の利用計画, それに対する浮体のモデルプランを設定し, それに対するPC浮体の設計, 係留施設の設計を検討し, 仮ドックの製作・浮体ユニットの製作・曳航・接合・係留施設の施工にわたる概略検討を行い, さらにそれらに対する概略工費の算定を行った成果を取りまとめた。

浮体規模は, 長さ100m, 幅50m, 高さ12mのダブルハルの函体を1ユニットとして, 発電バージ(500m×300m), LNG設備バージ(500m×400m)を提案している。

4. PC海洋構造物の現状と発展

海洋構造物委員会の最終ワーキングとなった「最近のPC

海洋構造物の事例調査」²²⁾は海外文献を中心に、平成5年以降の事例調査を行った。

同一物件が重複するものの、調査の件数は総数で46件に上った。以下に事例調査に基づきその概要を報告する。

4.1 プラットフォーム

北海油田におけるコンクリート構造物はすでに30年経過しており、文献²³⁾によれば次のような報告がなされている。

「北海における沖合プラットフォームの1989年までの20年間の供用における経験を述べるものである。

北海のプラットフォームのコンクリート構造物には、鉄筋腐食やその他の材料に起因する欠陥などは見られなかった。水中部分の鉄筋は電気防食により適正に保護されていた。

発見された欠陥は主に落下物や船舶の衝突によるものが原因であった。この良好な性質は良質のコンクリートに負うところが大きい。

将来への推奨として、場所打ちコンクリートの施工において高い水密性を確保するためには極めて厳しい施工管理が要求される。コンクリートの要求性能は以下の必要事項を確実に実施することにより達成される。

① 混和剤を用いたコンクリート配合、② 練混ぜ、③ 輸送、④ 打設および締め、⑤ 養生

設計では次のようなことを考慮すべきである。

- ① 船舶衝突に耐える高強度コンクリートの採用
- ② 物理的・化学的損傷を避けるため、鋭角部を避けて滑らかな表面にすること
- ③ 設計段階でメンテナンスの必要事項を検討すること
- ④ 浸食されやすい地盤上のプラットフォームにスカートをつけて地盤の浸食を防ぐこと
- ⑤ 密な鉄筋を避けるための部材寸法の検討
- ⑥ 海面下の許容ひび割れ幅の再検討(すべてのプラットフォームで鉄筋腐食は見られなかった)

- ⑦ 石油の容器構造物には外圧が卓越するようにすること
- ⑧ 硫化水素ガスがコンパートメントに蓄積することを考慮すること
- ⑨ 予期しない過大な荷重に対してひび割れ幅を制御するため最小鉄筋量を確保すること
- ⑩ 施工時の仮設孔を確実にグラウトで塞ぎ、漏水や浸食を防ぐように規定すること

ノルウェーの大手建設会社 Norwegian Contractor 社のカタログ²⁶⁾に筆者が EKOFISK ONE の実績を加えたものが図-1である。

1973年に完成した EKOFISK ONE を最初として、プラットフォームは北海を中心に大型化・大水深化の傾向にあり、近年、セミサブ方式や TLP 方式 (Tension Leg Platform) が建造されている。

いくつかの代表例を紹介する。

(1) DRAUGEN CONDEEP

ノルウェー中西部に初めて開発された油田に適用され、水深 251.3 m 地点に1993年に設置された。8基の円筒セルで構成され、そのうちの1基が海上部に突き出しデッキ基礎を形成している。文献²⁴⁾は、曳航と正確な設置に対して、モデル実験と実時間によるコンピューターシミュレーションの実施が有効であり、操縦システムは、近海においては Microfix、遠洋においては DGPS を採用したことを報告している。文献²⁵⁾は、プラットフォームが堅い粘土にめり込む際に発生する応力についての報告をしている。

最大幅 113.2 m、最大長 113.2 m、全高 289.1 m、排水量 52 万 5 000 t、OIL 貯蔵能力 200 万 m³、上載荷重 27 800 tf、コンクリート体積 86 300 m³、PC 鋼材 2 600 t である。

(2) SLEIPNER A CONDEEP²⁶⁾, ²⁷⁾

北海油田の水深 82.5 m 地点に1993年に設置された。基部ケーソン部は、24基の鉄筋コンクリート製の円筒セルからなり、そのうち21基は海中に没しており、残り3基がシャフ

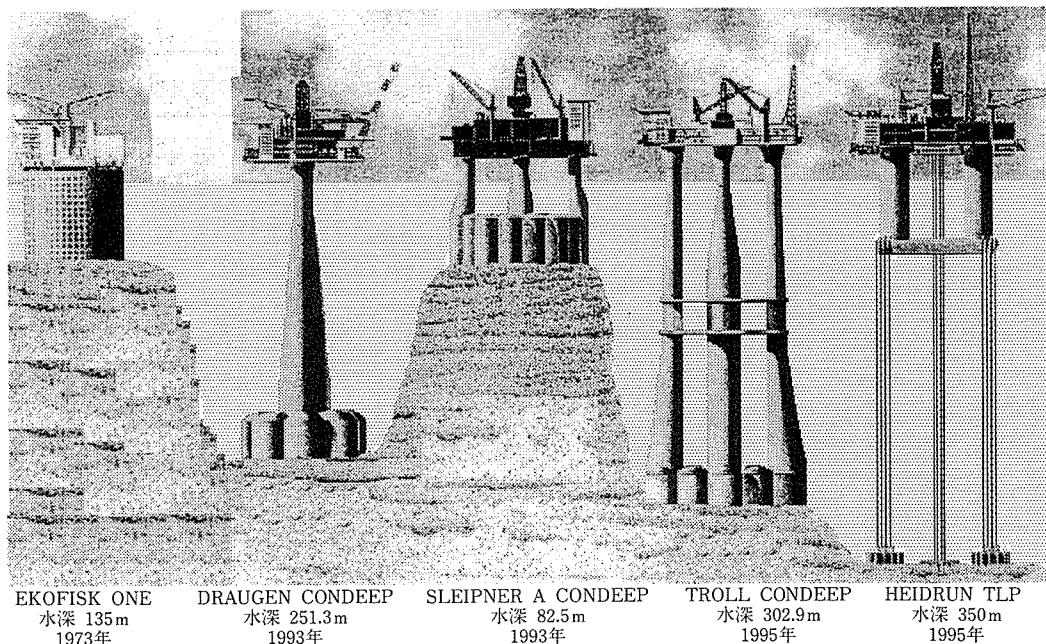


図-1 プラットフォームの建設

トとして海上部に突出しデッキ基礎を形成している。

上載荷重 39 000 tf, コンクリート体積 77 000 m³, PC鋼材 420 tである。

(3) TROLL CONDEEP²⁹⁾~³¹⁾

トロール第1期重力式プラットフォームは、ベンゲルの北西約80 kmにあるノルウェー海溝の水深302.9 mに設置されており、21世紀のヨーロッパ市場における主要なガス供給源となるものである。CONDEEP型では最大級の規模である。完成は1995年5月、設計耐用年数は70年である。着底部は直径32 m, 高さ30 mのセル19個からなる基礎ケーソン部でその下部は長さ36 mの地盤貫入部のスカート有している。ケーソン部の底面積は16 600 m²であり、使用数量は、コンクリート体積 102万8 000 m³, PC鋼材 7 400 tである。上載荷重は22 500 tfである。

文献³⁰⁾は動的応答解析の報告で、過酷な波浪条件のもとでは、従来の設計法では得られないより大きな応答があることが確認されている。このような付加的荷重を物理的に解明するとともに、定量的に把握し、補強設計に反映させるべき、次の研究が行われた。

- 動的応答の特性を把握するための精度の良い荷重モデルの開発
- 100年波浪確率を想定した実験結果に基づくFEM解析

(4) TROLL B²⁸⁾, ³²⁾~³⁵⁾

TROLL油田のFPSプラットフォームはコンクリートハルで覆われた最初のもので、最も大きいセミサブ式プラットフォームである。1995年に設置された。本構造は、水密性が要求され、構造的には単純であるためPC構造が採用された。一辺が102 m, 高さ65 mの正方形に直径φ29.0 m, 高さ50.0 mの柱が四隅に配置されている(図-2)。

海底地盤に設置されたアンカーより多セグメントチェーン/ワイヤーロープシステム(長さ1 550 m)で固定されているカタナリー係留方式である。使用数量は、コンクリート体積46 000 m³, PC鋼材3 100 tである。

今後の課題として、

- 柱(column)の径の縮小
- ポンツーン区画とスティフナーの簡略化
- デッキ柱への確実な接続
- 比重1.95の軽量コンクリートの使用による排水量の低減
- 吃水深さとデッキまでの高さの縮小
- デッキの荷重を支持する構造として水密性のある箱形梁の使用

(5) HEIDRUN TLP²⁶⁾, ³⁶⁾~³⁸⁾

北海の沖合175 km地点の水深350 mに1995年に設置されたTLP方式による最初のプラットフォームである。ハル(殻体)は高強度軽量コンクリート(36 Mpa, 比重1.95)で基準のひび割れ幅に収まるように多くの鉄筋とPC鋼材が使用されている。4本の円柱状のハルは半径31 m, 高さ109.6 m, 中心間隔80 mである。設計耐用年数は50年である。本体コンクリート体積62 780 m³, PC鋼材3 540 tである。上載荷重は最大で43 500 tfとなっている。

重力式アンカー基礎は、直径9 mのドームを被せた19のセ

ルからなっている。圧縮強度45 MpaのPC構造である。大きさは約43 m×48 m×26.45 mである。

(6) HIBERNIA³⁹⁾~⁴⁴⁾

ハイバーニア油田はニューファンドランド沖岩層の上にセントジョンズの南西315 km, 水深80 m。とりわけ、厳しい環境に耐えるよう構造に関する徹底的な研究が行われた。厳しい環境とは100年に1度発生する30 m高の波、氷山の荷重である。

氷山に抵抗するため、外壁(アイスウォール)は16の砕氷用のへさきをもつジグザグ形状である(図-3)。側壁のUテナンに対して真空グラウト注入方式を採用している。

(7) 21世紀の海洋浮体構造物⁴⁶⁾

深海開発の新しい時代に、浮体コンクリートは適度の費用、シンプルなデザインと構造、計画的な構成、堅固で耐久性に優れ、上部構造が穏やかである(図-4)。

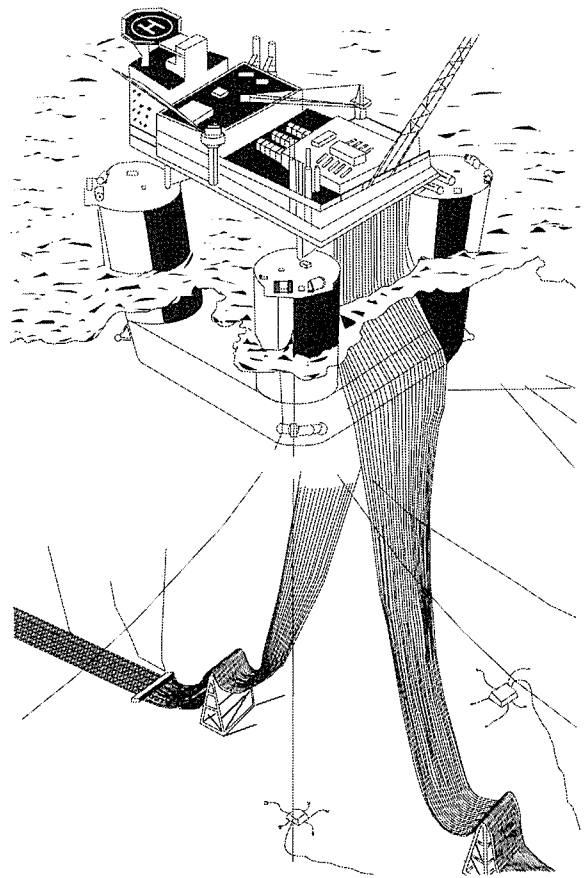


図-2 TROLL B

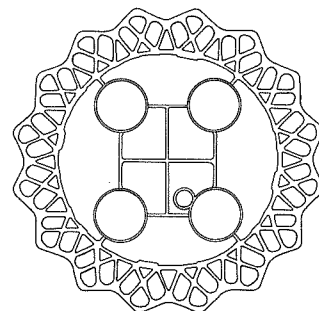


図-3 HIBERNIAの構造断面

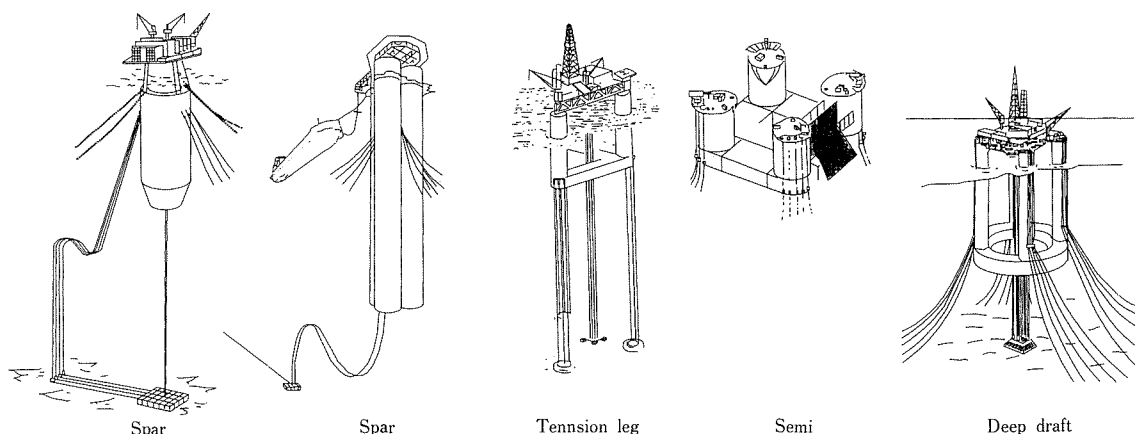


図-4 21世紀の海洋浮体構造物

4.2 バージ・浮体構造物^{47)~50)}

最新のコンクリート船体、また過去最大級のバージであるヌコッサ (N' KOSSA) コンクリートバージ^{47)~49)}は現在、南大西洋のコンゴで稼働している。規模としては、長さ220 m、幅46 m、深さ16 mの箱形の構造である。コンクリートプラットフォームの動きは20年を超える北海の運転で優れていることが認められている。現在1996年6月のヌコッサコンクリートバージの製作の成功から、海洋構造物へのコンクリートの適用の新たな分野が開かれた。

計画当初は鋼製バージで計画されていたが、以下の項目からPC構造が採用された。

- ① PC構造の疲労耐久性、維持管理が不要なこと
- ② 鋼製より剛度が高いこと
- ③ 変形量の少なさから、変位に対し敏感な装置関係の適用性が高い(コストダウン)
- ④ 接岸時の衝撃に対する強さ
- ⑤ 危険物の取扱いに対し、耐火性が高い

文献⁵⁰⁾では内部材に発泡スチロールを使用し、底面を除く外周は鉄筋コンクリートで覆った開断面の浮体構造物を紹介している。本浮体構造物は各種港湾やマリナーに供用される浮棧橋の一構成部材であり、プレキャストすることで汎用性を高めている。長さ20 m程度以下、幅3 m程度以下、高さ1 m程度で乾舷は50 cm程度に対応できる。アラスカ州では3ユニットを、カリフォルニア州では4ユニットを、海軍向けに6ユニットを連結一体化して使用している。

4.3 消波堤・防波堤

ニューヨーク市のフラッシング湾において、長さ293 mの浮体式消波堤⁵¹⁾が建設されている。幅2.4 m、長さ12.2 m、高さ1.2 mのプレキャスト工法によるPC製ポンツーンで、幅2.9 m、長さ97.5 mの3区間を構成している。

国内の防波堤では、海底地盤上に石材によりマウンドを設け、その上にコンクリート製の直立ケーソンを据え付けるような混成堤が主流である。透過二重円筒壁式防波堤はその一種で、外円筒壁で波浪の一部を透過させて消波を図る構造となっており、境港、紀伊長島 (RC構造)、柴山の3つの港で建設された。境港防波堤は、直径16.2 m、高さ10.4 m、壁厚0.4 mでケーソンの重量は1 500 tfである。二重円筒壁においては、鉛直方向には26 mm鋼棒により、円周方向に

は21.8 mmストランドによりプレストレスが導入された。

半円形防波堤は世界初の形式で宮崎港に建設された。この形式は、従来のケーソン防波堤に比べ剛性が小さく、耐波浪性・安定性に優れ、軟弱地盤上でも有利な構造をもつ。この防波堤は、半円形PC部材とRCスラブからなり、内部に砂が充填されない構造となっている。半円形部材は半径9.8 m、厚み0.4 m、長さ12.0 m、重量1 200 tfで、水深7.5 mのマウンド上に設置された。また、部材の接合とプレストレスの導入のため21.8 mmのストランドがケーブルに使用された⁵²⁾。

4.4 橋 梁

西ノルウェーのSalhus橋は、橋長1 615 mでこのうち1 246 mが浮体橋で、残り369 mが斜張橋である。R=1 700 mの平面線形をもっている。上部工は鋼製で、両端を除き10基のPC製ポンツーンで支持されている。ポンツーンは、幅20.5 m、長さ42 mの小判形である。ポンツーンは9室に分かれ、頂版・隔壁20 cm、側壁31 cm、底版30 cmである。コンクリートは軽量コンクリートで55 Mpaで、単位体積重量1.9 tf/m³である⁵³⁾。

文献^{54)、55)}には、ともにノルトホルトランド橋として紹介されている。

1998年4月にオワフ島とフォード島をつなぐクレイリー提督橋 (Admiral Clarey Bridge) が開通した。本橋は、中央部の930 ftが浮函で、船舶航行のため650 ft (198 m) 開く世界最大の可動橋である。浮函は94.5 m×15.2 m×5.3 mの3函で、タコマで製作され曳航された。函体はパネルを組み立てることで製作し、函体相互はPC鋼材の緊張力と同等のハイテンションボルトによって行われている。コンクリートは41 Mpa、水セメント比38%でシリカフェーム5%添加である。PC鋼材は低リラクセーションの12.7 mmで306 tf、鉄筋はエポキシ鉄筋で590 tf使用された^{56)、57)} (図-5)。

4.5 高強度コンクリート^{58)、59)}

文献⁵⁸⁾において沖合のコンクリートプラットフォームを前提に、高強度コンクリートの開発事例を含め、以下の項目で整理されている。

単位体積重量 (通常、軽量)、耐久性、混和剤と配合、バッチ処理設備、ワーカビリティの条件、温度管理 (制御)

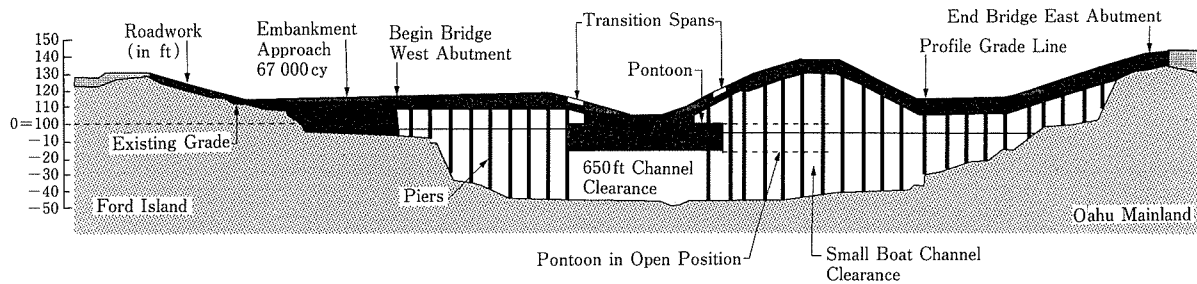


図-5 Bridge Profile

結論では、沖合構造物には、ライフサイクルコスト、耐久性、製造地域を限定しないなどの理由からコンクリート材料が適しているとして、鋼構造を扱うことになっているデベロッパーに対してPRすべきとしている。

文献⁵⁹⁾によれば、1992年にCEBとFIPによる共同研究ワーキンググループが設立された。1995年にその活動報告を行い終了した。高強度/高性能コンクリートの使用の増加に対して壁となるのは、保守的になることと高強度/高性能コンクリートにおけるメリットの知識不足であるとして、115のプロジェクトを紹介して、このメリットについての情報を提供している。

4.6 ISO規格⁶⁰⁾

固定式海洋コンクリートプラットフォームの設計に関するISO規格を作成するための活動内容について報告されている。

固定式コンクリート構造はISO 13819-3として、コンクリート設計、材料、施工だけでなく環境活動、構造解析、基礎設計、機械システム、海洋作業、調査、モニタリングなどのエンジニアリングの要求仕様や規準を含む全体エンジニアリングプロセスについての概要が記述される予定である。

5. おわりに

北海の20年間の経験からコンクリート構造物の高い耐久性が認められた。わが国ではプラットフォームの建設はないもののS-CIDS⁶¹⁾のように高い技術力を買われ、国内で製作して北海に曳航した例もある。

プラットフォームの建設では、部材の軽量縮小化や高水密性からPC構造の有利性がある。また、HEIDRUNが水深350mでTLPを実現し、メキシコ湾で水深900mの計画⁶²⁾があるように、ますます大水深化する傾向であり、TLPなどの係留方式にPC鋼材が利用されている。

わが国における港湾PC構造物の始まりは、1979年より開始した船川港の曲面スリットケーソンであり、その後、運輸省港湾局の「人と地球にやさしい港湾の技術をめざして—港湾の技術開発の長期政策—(平成4年)」が紹介するように、長大ケーソン(PCハイブリッド構造)、二重円筒ケーソン、半円形ケーソンなどユニークな新形式防波堤が建設されている。運輸省第三港湾建設局の開発になる「境港二重円筒ケーソン式消波堤」は、1992年土木学会技術開発賞を受賞し、さらに1994年にFIP第12回国際会議においてFIP賞を受賞している。

また、浮体構造物では最初の水島港ポンツーン(1980年)が工場製品によるプレキャスト部材であり、その後のポンツーンは洋上接合が数多く、材料面では新素材の緊張材の活用など規模的には小さいながら技術的蓄積を高めている。現在、メガフロート研究組合が300mの大型浮体実験函でアドバルーンを上げている。まさに、当委員会発足の趣意である「海上浮体空港の建設」に立ち戻った状況である。最後のワーキング活動では数多くの文献にコンクリートの優位性が述べられている。保証機関が査定・認可するうえでコンクリート構造物が高い耐久性があるのは間違いのないところである。北海20年の経験は北海30年経験として書き改められることを願うとともに、来るべき21世紀がPC海洋構造物の大いなる発展の時代であることを期待したい。

謝 辞

昭和53年より平成10年までの20年間にわたり、海洋PC構造物普及のために精力的に活動していただいた委員長ならびに委員の皆さまおよび事務局の皆さまに深く感謝する次第である。

参 考 文 献

- 1) 海洋構造物委員会：浮上式プレストレストコンクリート製海上空港に対する構想、プレストレストコンクリート、Vol.21, No.6, 1979
- 2) 海洋構造物委員会 訳：海洋コンクリート構造物の設計と施工のための示方書—ACI委員会357による報告—(その1)、プレストレストコンクリート、Vol.24, No.1, 1982
- 3) 海洋構造物委員会 訳：海洋コンクリート構造物の設計と施工のための示方書—ACI委員会357による報告—(その2)、プレストレストコンクリート、Vol.24, No.2, 1982
- 4) 長崎作治：《昭和55年度海洋構造物委員会報告》プレストレストコンクリートによる浮上式海上空港を構成する1ユニットケーソン(300×60×12m)の運動特性と波漂流力および底版にかかる波圧について(模型実験報告)、プレストレストコンクリート、Vol.24, No.4, 1982
- 5) 海洋構造物委員会 訳：浮遊コンクリート構造物の設計・施工および船級のための指針、ノルウェー船級協会(1979年3月)、プレストレストコンクリート、Vol.24, No.5, 1982
- 6) 海洋構造物委員会 訳：浮遊コンクリート構造物の設計・施工および船級のための指針《付録1荷重と力》、ノルウェー船級協会(1979年3月)、プレストレストコンクリート、Vol.24, No.6, 1982
- 7) 海洋構造物委員会 訳：海洋構造物の設計・施工および点検に関する規則—PART II：付録一、ノルウェー船級協会(1977年)、プレストレストコンクリート、Vol.25, No.2, 1983
- 8) 長崎作治：《昭和56年度海洋構造物委員会報告》PCフローティング構造物(原油備蓄タンク・セミサブタイプ260m×130m×8m)の運動特性と波漂流力および底版と側版にかかる波圧について、プレストレストコンクリート、Vol.25, No.3, 1983
- 9) 海洋構造物委員会：海洋コンクリート構造物の防食指針(案)に関する一考察、プレストレストコンクリート、Vol.25, No.4, 1983

- 10) 長崎作治：《昭和57年度海洋構造物委員会報告》建造中の円形、正方形プレストレストコンクリート海洋重力型構造物にかかる波漂流力と運動特性ならびに、底板、側板の作用波圧について(その1)、プレストレストコンクリート、Vol.26, No.2, 1984
- 11) 長崎作治：《昭和57年度海洋構造物委員会報告》建造中の円形、正方形プレストレストコンクリート海洋重力型構造物にかかる波漂流力と運動特性ならびに、底板、側板の作用波圧について(その2)、プレストレストコンクリート、Vol.26, No.3, 1984
- 12) 海洋構造物委員会 訳：FIPコンクリート海洋構造物の点検、保全、補修(その1)、プレストレストコンクリート、Vol.26, No.3, 1984
- 13) 海洋構造物委員会 訳：FIPコンクリート海洋構造物の点検、保全、補修(その2)、プレストレストコンクリート、Vol.26, No.4, 1984
- 14) 海洋構造物委員会 訳：FIPコンクリート海洋構造物の点検、保全、補修(その3)、プレストレストコンクリート、Vol.26, No.5, 1984
- 15) 海洋構造物委員会 訳：FIPコンクリート海洋構造物の設計・施工のための勧告(第4版)抜粋(R2, R4)、プレストレストコンクリート、Vol.27, No.4, 1985
- 16) 海洋構造物委員会：洋上マリーナ施設に関する設計・施工法の研究(その1)、プレストレストコンクリート、Vol.34, No.4, 1992
- 17) 海洋構造物委員会：洋上マリーナ施設に関する設計・施工法の研究(その2)、プレストレストコンクリート、Vol.34, No.5, 1992
- 18) 海洋構造物委員会：PC洋上マリーナ施設に関する研究(その1, その2)、第3回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集、1992
- 19) 海洋構造物委員会：プレストレストコンクリート洋上マリーナ施設に関する設計・施工法研究、1992.5
- 20) 海洋構造物委員会：プレストレストコンクリート洋上マリーナ施設に関する設計・施工法研究、1994.3
- 21) 海洋構造物委員会：海洋の空内に設置される浮体構造物有効活用研究、1996.3
- 22) 海洋構造物委員会：海外におけるPC構造物事例調査(文献抄訳)、1999.3
- 23) S. Fjeld, M. E. Hall, G. C. Hoff, D. Michel, L. Robberstad, A. Vegge, T. A. Warland : The North Sea Concrete Platforms : 20 Years of Experience, Offshore Technology Conference 7462, Vol.2, 1994
- 24) T. Reppe, E. Helseø : Towage and Installation of Concrete Gravity-Based Structures, Offshore Technology Conference 7503, Vol.3, 1994
- 25) T. Alm, A. Bye, K. Sandvik, S. Egeland : The Draugen Platform and Subsea Structures Installation and Foundation Aspects, Offshore Technology Conference 7670, Vol.1, 1995
- 26) J. Moksnes : Concrete Sea Structures a Review of Recent Projects in the North Sea, '93 FIP Symposium Kyoto, Japan, pp.1~8, 17-20 October, 1993
- 27) M. P. Collins, F. J. Vecchio, R. G. Selby, R. R. Gupta : The Failure of an Offshore Platform, *ACI, Concrete International*, 1997.8
- 28) Morten, Rund : The Troll Olje Platform, Offshore Technology Conference 7307, Vol.4, 1993
- 29) A. Knudsen, H. Skjaeveland, S. Lindseth, M. Hoklie : Record-Breaking Water Depth for Fixed Concrete Platforms, Offshore Technology Conference 7463, Vol.2, 1994
- 30) R. V. Ahilan, Ø. M. Klaas, I. Langen : Analysis of Dynamic Transient Response (Ringing) in a Gravity-Base Structure, Offshore Technology Conference 7464, Vol.2, 1994
- 31) E. Andenæs, E. Skomendal, S. Lindseth : Installation of the Troll Phase I Gravity Base Platform, Offshore Technology Conference 8122, Vol.3, 1996
- 32) M. Mørland, N. Hydro, O. Frydenlund : Design, Fabrication and Installation of the Mooring System for the Troll B Concrete Oil Production Platform, Offshore Technology Conference 8144, Vol.3, 1996
- 33) B. Sjetnan : The First Catenary Anchored Floating Concrete Platform, '96 FIP Symposium London, pp.989~996, 25-27 September, 1996
- 34) World's First Catenary Moored Floating Platform, *VSL News Issue Two*, 1994
- 35) Ø. Løset, K. O. Haakonsen : Troll Oil : The First Concrete FPS, Offshore Technology Conference 7943, Vol.2, 1995
- 36) F.R. Botros, T.J. Wilson, C.M. Johnson : The Heidrun Field : Global Structural Design and Analysis of the Heidrun TLP, Offshore Technology Conference 8099, Vol.2, 1996
- 37) Dywidag Prestress for Foundation Slab, *DSI INFO*, 5/1994 Edition 3
- 38) Launching of Two Module Support Beams in Norway, *VSL News, Issue Two*, 1994
- 39) Hibernia Oil Platform-DSI Prestressing in the World's Biggest Oil Platform with Stands the Largest Icebergs, *DSI INFO*, 5/1996 Edition 5
- 40) T. L. Huynh, D. C. Luther, W. J. Clark : Structural Design of the Iceberg Resistant Hibernia Reinforced Concrete GBS, Offshore Technology Conference 8398, Vol.2, 1997
- 41) 1973 Ekofisk Platform, 1993 Hibernia Platform, *Freyssinet Magazine*, 1993.4
- 42) Hibernia, *Freyssinet Magazine*, 1996.12, 1997.1
- 43) Hibernia Oil Platform, *Freyssinet Magazine*, 1995.11, 12
- 44) D. C. Luther, T. L. Huynh, P. Mellier, I. Stuart : The Hibernia Offshore Platform, FIP Symposium on Post-Tensioned Concrete Structures, pp.82~93, 1996
- 45) Ice Barrier Geometry Complicates Slip Forms, *ENR*, January 2/9, 1995
- 46) S. Fjeld : Floating Concrete Platforms the Offshore Structures of the next century, '94 FIP Symposium, May 29-June 2, 1994
- 47) Evolution of Concrete Monohulls After N'kossa Barge, Offshore Technology Conference 8565, Vol.4, 1997
- 48) J. Pierre, Herve : The N'kossa Concrete Barge Prestressing and Methods, FIP Symposium '97, pp.285~296, 1997
- 49) フランス、ヌコッサバージ、*VSL News Issue Two*, 1995
- 50) P. Forsythe, C. Ohlweiler : Floating Precast Concrete Docks, *ACI*, 1994.7
- 51) R. A. Ellnan, S. Harton, H. E. Wescott : Design-Construction of Precast Prestressed Concrete Floating Wave Attenuator, *PCI Journal*, pp.30~40, 1997.7, 8
- 52) O. Kiyomiya, M. Yamada : New Development of PC for Marine Structure in Japan, FIP Symposium '93 Kyoto, Japan, 17-20 Oct., 1993
- 53) A. Aas-Jakobsen, P. Meaas, E. Jordet, J. H. Gustavsen, E. Landet : Salhus Floating Bridge, FIP Symposium '93, pp.343~349, 1993
- 54) 秋山博：ノルトホルトランド橋(ノルウェー)、プレストレストコンクリート、Vol.38, No.1, 1996
- 55) 渡辺健之助：最近の海洋PC構造物の動向と将来技術の展望、プレストレストコンクリート、Vol.38, No.6, 1996
- 56) A Buoyant Crossing \$78-Million Pontoon Structure will Boost Pearlharbor Access, *ENR*, August 18, 1997
- 57) M. J. Abrahams, G. Wilson : Precast Prestressed Segmental Floating Drawspan for Admiral Clarey Bridge, *PCI Journal*, July/August, 1998
- 58) G.C. Hoff : The Use of High-Strength Concrete in Offshore Concrete Platforms, FIP Symposium '95 Papers, pp.647~657, 1995
- 59) I. Holland, S. Helland : CEB-FIP Working Group on High Strength/High Performance Concrete, Concrete 95 Toward Better Concrete Structure, Brisbane, Australia, 4-7 September, 1995
- 60) S. Leirestad, B. Stromme : ISO Standard for Fixed Concrete Structure, Offshore Technology Conference, 1997
- 61) 塩屋俊幸：海洋プラットフォーム、コンクリート工学、Vol.33, No.1, 1995
- 62) P. W. Marshall, L. G. Chabot : Concrete Floating Central Facility, Offshore Technology Conference 7159, Vol.2, 1993

[1999年3月25日受付]