第197研究部会
海洋コンクリート構造物
海外技術調査団
報告書

昭和60年3月

社団法人
日本造船研究協会

海洋コンクリート構造物海外技術調査団
報　告　書

目　　次

Ⅰ．はじめに …… 1
　1．調査の目的 …… 1
　2．調査団の名称 …… 1
　3．調査期間及び訪問先 …… 1
　4．調査団メンバー …… 2
Ⅱ．北海油田開発の現状 …… 3
Ⅲ．訪問先別調査報告 …… 9
　1．McAlpine Offshore Ltd. …… 9
　2．ANDOC …… 16
　3．LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING …… 23
　4．CAMPENON BERNARD …… 26
　5．C.G.DORIS …… 33
　6．DET NORSKE VERITAS …… 39
　7．STATOIL …… 44
　8．MOBIL EXPLORATION NORWAY, INC. …… 52
　9．あとがき …… 54
付録　訪問先別質問状 …… 54

I　はじめに

1.　調査の目的

石油資源開発がますます海洋開発へと移行する中で，今後の需要傾向として鉄鋼構造物のみならず北海地域で使用されているコンクリート製構造物が脚光をあびており，今後の開発地域である北極海，中国の渤海，珠江口沖，サハリン沖等でも重要視されている。

これは海洋コンクリート構造物は，従来の鉄鋼構造物と異なり，腐食，サビの発生がないため，メンテナンスの点で優れていることなどから我国においては，建設会社を中心に欧州の関連会社と積極的に技術導入を進められており，また各関係団体においても，造船メーカー・建設会社が中心になり委員会等で活発に調査・研究を進めている。

本調査団は現在，進められている㈳日本造船研究協会第197研究部会「海洋コンクリート構造物の設計技術に関する調査研究」の事業の一環として，北海に於ける海洋コンクリート構造物の設計，建造及び操業の実績を有する建設会社，船級協会，石油開発会社等を訪問調査するとともに建造中のプラットフォームの見学を行うことにより，欧州に於ける海洋コンクリート構造技術の現状及び将来の動向を把握することを目的とした。

2.　調査団の名称

海洋コンクリート構造物海外技術調査団

3.　調査期間及び訪問先

期　間：昭和59年9月12日(水)～9月23日(日)12日間

訪問先：昭和59年9月13日　午後　McALPINE OFFSORE LTD.（London）

9月14日　午前　ANDOC（London）

午後　LLOYD（London）

9月17日　午後　CAMPENON BERNARD（Paris）

9月18日　午前　C. G. DORIS（Paris）

9月19日　午前　D. n. V.（Oslo）

9月20日　午前　STATOIL（Stavanger）

午後　Condeep T 300プラットフォームの脚部実物大模型施工実験建造物見学及び洋上で建造中のGULLFAKS–Aプラットフォーム見学（Stavanger）

9月21日　午前　MOBIL EXPLORATION NORWAY, INC.（Stavanger）

4. 調査団メンバー

（敬称略，社名 ABC 順）

No	氏名	勤務先	役職名
1	藤田　譲	東京大学	工学部船舶工学科教授／工学博士
2	湊　隆次郎	㈱間組	エネルギー本部エンジニアリング部　副主査
3	山本　隆夫	日立造船㈱	海洋営業本部設計部主事
4	小川　泰之輔	石川島播磨重工業㈱	船舶海洋事業本部開発部長
5	吉田　昌平	川崎重工業㈱	船舶事業本部技術室基本設計部開発班長
6	中條　昇	㈱熊谷組	技術研究所第2部第2課
7	大場　克己	三菱重工業㈱	広島造船所海洋エンジニアリング部海洋土木技術課　主務
8	坪井　東一郎	三井造船㈱	海洋プロジェクト(兼)技術部企画開発室課長補佐
9	川上　隆旦	日本鋼管㈱	船舶本部船舶総括部開発企画室主任部員
10	扇　啓祐	㈱大林組	技術本部土木技術部課長
11	関屋　収	住友重機械工業㈱	船舶海洋鉄構事業本部追浜造船所
12	近藤　寛寿	㈱竹中工務店	広島支店技術部技術課長
13	佐伯　岩夫	テクノロジートランスファー研究所	プロジェクトマネージャー

Ⅱ　北海油田開発の現状

1.　開発の歩み

20年前，北海は天候の悪い漁場という以外には何の特徴もない海であった。当時の北海沿岸国は石油の輸入に依存していたものであったが，1959年８月14日オランダのグロニンゲンで大規模なガス田が発見されたのがきっかけで，石油ガス業界は北海に油田があるかもしれないという可能性に着目しはじめた。1964年英国国会はジュネーブで開催された1958年の大陸棚に関する協定を批准し，51社に348ブロックの生産認可を与えた。これにより北海は沿岸国の独占的開発の幕開けとなったのである。当時の北海は未開拓地であり，天候のよい日は一年のうち40日位しかないといわれている。更に開発ベースとなるサービス会社も施設もなく，深海での試掘と生産コストは世界一といわれ，技術的にも幾多な困難を克服しなければならなかった。しかし一方，ここは西ヨーロッパの工業地帯に近接していたため，技術的土壌があったこと，市場に近いこと，英国を筆頭に政府の石油生産意欲が大であったことなどの利点もあり，今日までの技術的発展をもたらしたものであると言えよう。

その後20年の間に，北海開発は急ピッチで進み，マンモスプラットホームは60基，浅海の中小プラットホームは100基となった。当初プラットホームは鋼製であったが，1973年 EKOFISK CENTER のコンクリートプラットホームが据付けられてから，今日までコンクリートプラットホームの数は計画中のものを含めると17基となっており，コンクリート構造物は大型ではあるが数は少ない。パイプラインは16インチから36インチと大口径であり，長さも最高452km（BRENT からST. FERGUS へ）総延長は約5500kmにも達している。

20年間の技術発展は数多くあった。主なものを紹介すると，①深海のパイプラインの建設，最近は300ｍ水深で建設可能といわれている，②重力式コンクリートプラットホームの開発③海底マニホルドシステムの開発，④鉄の防蝕技術，⑤フローティングプロダクションシステム，⑥スカーリング対策，⑦水中杭打ち，⑧テンションレグプラットホーム，⑨ガイドタワー型プラットホーム⑩消火設備⑪水中制御システム⑫水中貯油システム⑬半潜水型バージ⑭大型クレーン船などがある。反面技術向上の犠牲となった事故もあった。アレキサンダーキーランドの転覆をはじめ，BP のジャッキアップリグ SEA GEM の事故，EKOFISK 油田の油流出，ヘリコプター事故，潜水夫事故，などがあった。これにともないいろいろな安全対策，技術改善がなされ今日の成果を得たものである。

2.　現在の油田・ガス田の開発状況

北海の地図を図－１に示す。これは最近の出版物に発表されたものである。各油田の開発状況は表－１に示した。過去20年間に投入された北海の開発費はおよそ750億ドルと推定される。現在の生産量は油300万バーレル／日（世界の5.7％）天然ガス２億3000万㎥／日，可採埋蔵量は油のエネルギー換算にて表現するとおよそ650億バーレル（世界の5.3％）となっている。現在の開発進行中の中で主なものは，BALMORAL, NORTH BARAE, CLYDE, SE−FORTIES, EKOFISK, GULLFAKS, OSEBERG, AMELAND, K14, KOTTER, HIGHLANDER などがあげられる。

図 1

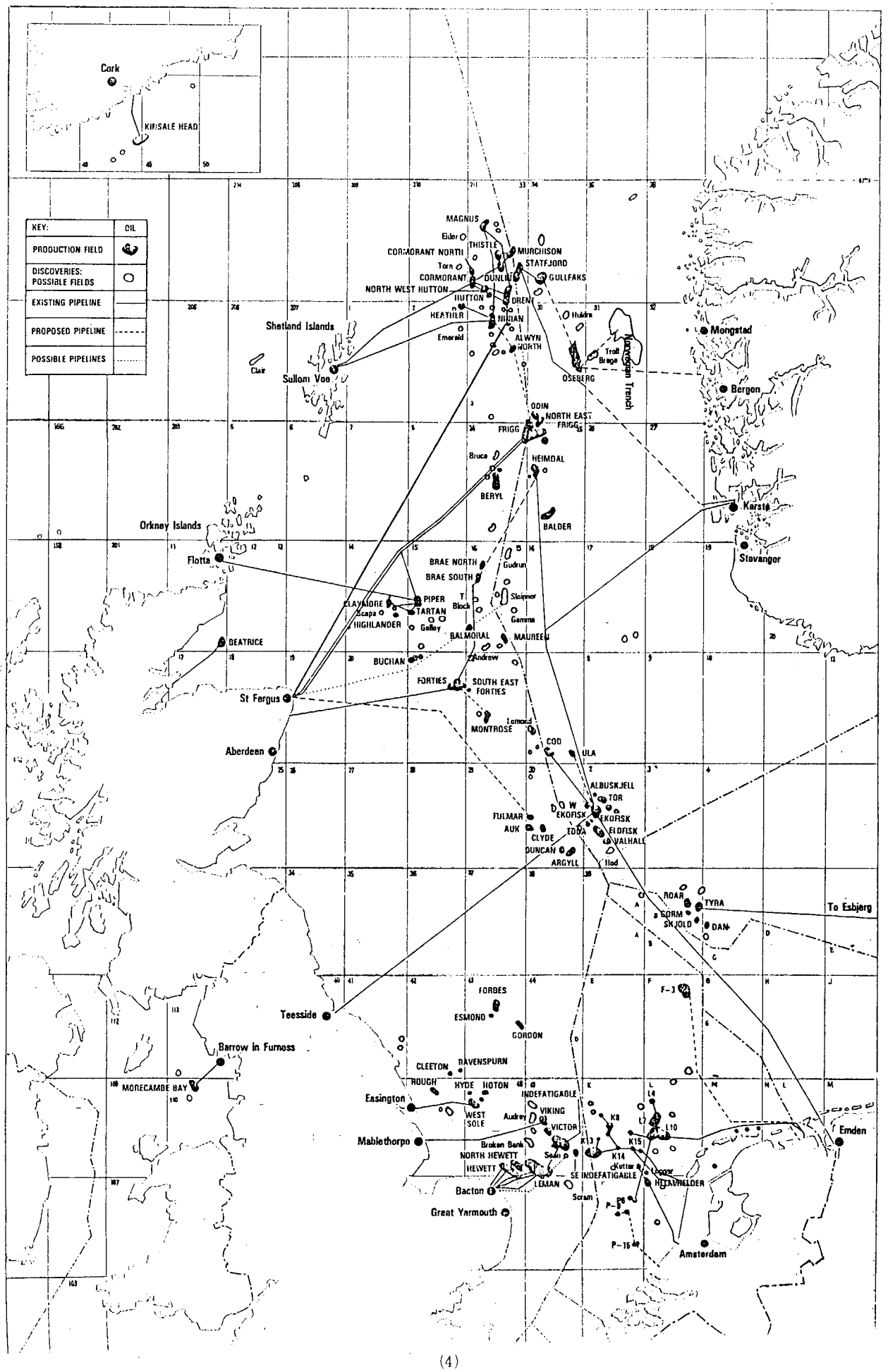

Cork
KINSALE HEAD
KEY:
OIL
PRODUCTION FIELD
DISCOVERIES: POSSIBLE FIELDS
EXISTING PIPELINE
PROPOSED PIPELINE
POSSIBLE PIPELINES
Shetland Islands
Sullom Voe
Clair
Orkney Islands
Flotta
MAGNUS
Eider
THISTLE
CORMORANT NORTH
MURCHISON
Tern
STATFJORD
CORMORANT
DUNLIN
GULLFAKS
NORTH WEST HUTTON
HUTTON
DRENT
HEATHER
NINIAN
Emerald
ALWYN NORTH
Huldra
Troll
Brage
OSEBERG
Norwegian Trench
Mongstad
Bergen
Karsto
Stavangor
ODIN
NORTH EAST FRIGG
FRIGG
Bruce
HEIMDAL
BERYL
BALDER
BRAE NORTH
Gudrun
BRAE SOUTH
PIPER
TARTAN
CLAYMORE
Scapa
HIGHLANDER
Galley
Skinner
Gamma
BALMORAL
MAUREEN
BEATRICE
BUCHAN
Andrew
FORTIES
SOUTH EAST FORTIES
St Fergus
MONTROSE
Lemond
Aberdeen
COD
ULA
ALBUSKJELL
TOR
EKOFISK
FULMAR
AUK
CLYDE
EDDA
ELDFISK
VALHALL
DUNCAN
ARGYLL
Hod
ROAR
TYRA
To Esbjerg
GORM
SKJOLD
DAN
FORBES
F-3
Teesside
ESMOND
GORDON
Barrow in Furness
CLEETON
RAVENSPURN
ROUGH
HYDE
HOTON
MORECAMBE BAY
INDEFATIGABLE
Easington
VIKING
WEST SOLE
Audrey
VICTOR
K8
L7
L10
Mablethorpe
Broken Bank
NORTH HEWETT
HEWETT
K13
K14
K15
Sean
Kittiwake
Ubaye
SE INDEFATIGABLE
LEMAN
HELVIELDER
Bacton
Scram
P-6
Great Yarmouth
P-15
Amsterdam
Emden

表1　北海油田の開発の状況一覧表

イギリス

※印　天然ガスの場合

フィールド名	水深 (m)	可採埋蔵量 (百万バーレル) (※ 億m³)	事業計画主体	生産開始	生産量 (バーレル/日) (※百万m³/日)	開発状況
MAGNUS	186	605 ※ 35	BP	1983年8月		1982年ジャケット1基据付完了
EIDER	158	120	OCCIDENTAL	?	50,000	計画中
THISTLE	162	450 ※ 600	BRITOIL	1978年2月	114,000	1987年プラットホーム完成（計画中）
MURCHISON	150	380 ※ 45	CONOCO	1980年9月	120,000	ジャケット1基
CORMORANT	146	191	SHEEL	1979年12月	23,000	コンクリート1基
NORTH CORMORANT	160	418	〃	1982年2月	150,000	ジャケット1基
TERN	187	150	〃	?	50,000	
DUNLIN	151	310	〃	1978年8月	81,000	コンクリート1基
NWHUTTON	146	305 ※ 34	CONOCO	1984年 ?	82,600	TLP 1984年据付完了
HUTTON	150	192	〃	〃	110,000	TLP sub sea system
BRENT	140	2192 ※ 90	SHELL	1976年11月	382,000	コンクリート3基，ジャケット1基
HEATHER	143	80	UNION OIL	1978年10月	30,000	ジャケット1基
NINIAN	143	1100	CHEVRON	1978年12月	325,000	ジャケット2基，コンクリート1基
EMERALD		40	SOVEREIGEN			将来
ALWYN NORTH	130	200 ※ 270	TOTAL	1987年？	95,000	ジャケット2基で計画
BRUCE			HAMILTON	1990年		
BERYL	122	300	MOBIL	1984年		ジャケット建造中
BRAE-N	100	200 ※ 193	MARATHON	1988年	75,000	ジャケット1基で計画中
BRAE-S	112	280	〃	1983年7月	30,000	ジャケット1基
T-BLOCK	131	500	PHILLIPS	1987年？	※ 25	計画中（プラットホーム3基か？）
PIPER	144	837	OCCIDENTAL	1976年12月	202,000	ジャケット1基
CLAYMORE	111	390 ※ 7	〃	1977年11月	90,000	ジャケット1基
TARTAN	140	75	TEXACO	1981年1月	34,000	〃
SCAPA	110	70	OCCIDENTAL	?		検討中
HIGHLANDER	128	30	TEXACO	1985年1月	17,000	subsea production system
GALLEY	146		TEXACO	?		将来計画
BARMORAL	140	67	SUNOIL	1987年	35,000	浮遊式プラットホーム発注済
MAUREEN	96	150	PHILLIPS	1983年9月	70,000	steel gravity type 1基
ANDREW	140	200	BP	1987年		浮遊式プラットホームの予定
BUCHAN	118	60	〃	1981年5月	32,000	浮遊式プラットホーム
FORTIES	122	2000	〃	1975年11月	443,000	ジャケット4基
ETTRICK		50	BRITOIL	1989年		
SE FORTIES	95	80	BP	1987年	60,000	ジャケット1基で計画
MONTROSE	91	90	AMOCO	1976年6月	16,000	ジャケット1基
LOMOND		※ 337				

フィールド名	水深 (m)	可採埋蔵量 (百万バーレル) (※ 億m³)	事業計画主体	生産開始	生産量 (バーレル/日) (※百万m³/日)	開発状況
FULMAR	80	500	SHELL	1982年2月	96,000	ジャケット2基
AUK	82	66 ※ 15	SHELL	1976年2月	12,000	ジャケット1基
CLYDE	80	154	BRITOIL	1987年	50,000	ジャケット1基建造中
DUNCAN	76	30	HAMILTON			
ARGYLL	76	150	〃	1975年1月	20,300	
ESMOND	27		〃			1985年開発開始ジャケット2基
ROUGH	37		HGB	1984年	※28	1984年ジャケット据付完了
WEST SOLE	32	※ 480	BP	1976年3月	※ 4.4	ジャケット3基
INDEFATIG-ABLE	30	※ 1260	AMOCO	1971年9月	※ 14.5	ジャケット6基
VIKING	30	※ 140	CONOCO	1972年7月	※ 9.9	ジャケット13基
AUDREY			PHILLIPS			ジャケット1基
VICTOR	38	※ 170	CONOCO	1984年?	※ 7.0	ジャケット1基の予定
SE-INDE-FATIGABLE		※ 140	SHELL			プラットホーム3基設計中
LEMAN	30	※ 2970	SHELL ESSO	1968年8月	※ 46	ジャケット16基
HEWETT	22	※ 1080	ARPET	1969年7月	※ 10	ジャケット5基
BEATRICE	48	127	BRITOIL	1981年9月	31,000	ジャケット3基

ノルウェイ

ASKELADDEN TRAENABANK HALTENBANK	270	※ 1700	STATOIL	1990年		北緯62°以北のノルウェイ大陸棚将来の開発地区
STATFJORD	145	3300 ※ 700	MOBIL	1979年11月	310,000	コンクリート3基（1基は1986年完成）
GULLFAKS	142	1500 ※ 300	STATOIL	1987年	245,000	コンクリートプラットホーム製作中
HULDRA	120	※ 230	〃	?		
TROLL	350	321 ※ 19,000	SHELL			プラットホーム1基計画
OSEBERG	110	1008 ※ 600	NORSK -HYDRO	1990年?	204,000	ジャケット2基，コンクリート1基計画
ODIN	100	※ 220	ESSO	1984年		ジャケット製作中
NE FRIGG	100	※ 84	ELF	1983年12月	※ 9	OSCILLATION TOWER 型
FRIGG	110	※ 2270	〃	1977年9月	45	コンクリート4基，ジャケット2基
HEIMDAL	120	※ 320	ESSO	1986年		ジャケット1986年完成
BALDER	112	220	〃	1986年		
GUDRUN						
SLEIPNER	107	※ 1270	STATOIL	1989年	※ 26	プラットホーム2基の予定
GAMMA	85	※ 500	〃	1990年		プラットホーム1基の予定
COD	87	13 ※ 100	PHILIPS	1977年12月	8000 ※ 8.4	ジャケット1基
ULA	70	201 ※ 20	BP			ジャケット製作中
ALBUSKJELL	73	50 ※ 670	PHILIPS	1979年5月	※ 2 17,000	ジャケット2基
TOR	70	120 ※ 280	〃	1978年7月	25,000	ジャケット1基

フィールド名	水深 (m)	可採埋蔵量 (百万バーレル) (※ 億m³)	事業計画主体	生産開始	生産量 (バーレル/日) (※百万m³/日)	開発状況
W-EKOFISK	73	80 ※ 364	〃	1977年11月	13,000	ジャケット1基
EKOFISK	70	1025 ※ 1110	〃	1971年7月	158,000	ジャケット6基，コンクリート1基
ELDFISK	70	302 ※ 310	〃	1979年8月	69,000	
EDDA	70	19 ※ 20	〃	1979年12月	7,000	ジャケット1基
VALEALL	69	247 ※ 210	AMOCO	1974年12月	9,000	ジャケット3基
HOD						
TOMMELITON	75	70 ※ 200	STATOIL	1989年	※ 5	

オランダ

F2，F3，F6	45	45 ※ 200	NAM	1988年？	※ 5	ジャケット2基建設予定
K8	33	※ 240	NAM	1978年3月		ジャケット3基　1基84年完成
K10	27		PENNZOIL	1983年1月	※ 3.5	ジャケット2基
K12	36		PLACID			計画中
K13	26	※ 500	PENNZOIL	1976年3月	※ 19.6	ジャケット4基
K14	29	※ 500	NAM	1977年11月		計画中
KOTTOR	29	25	CONOCO	1985年	25,000	ジャケット2基計画中
L4	30		PETOROLAND	1983年1月		ジャケット1基
L7	30	※ 420	PETROLAND	1977年1月	※ 5.6	ジャケット3基
L10	27	※ 1000	PLACID	1976年1月	※ 17.2	ジャケット5基
L11			UNION OIL			ジャケット計画中
L14			PLACID	1983年1月		
HELM/ HELDER	25	62		1982年10月	25,000	
P6	27	※ 83	CONOCO	1984年1月	※ 1.7	ジャケット1基
AMELAND	6		NAM	1985年		1985年ジャケット完成
HOORN	25		UNION OIL			プラットホーム計画
LOGGER	29	20		1985年	25,000	ジャケット2基
P15	38	35	AMOCO	1986年	25,000	ジャケット3基

デンマーク

ROAR	37	※ 173	DUC	1987年	※ 2.0	ジャケット2基
TYRA	37	※ 750	DUC	1984年	※ 6.8	ジャケット9基
GORM	40	110	DUC	1981年5月	50,000	ジャケット3基
SKJOLD	39	39	DUC	1982年11月	30,000	ジャケット1基
DAN	40	※ 300 80	DUC	1972年7月	6,000	ジャケット5基 1986年ジャケット4基建設

3. これからの見通し

1975年，ノルウェーは生産増大をはかった結果，ついに石油輸出国となった。ノルウェーの北海における今後21世紀にかけての探査は引続き行われ北緯62°以北に進められるであろう。62°以南では2次回収または零細油田の開発に移行して行くものと思われるが，北方の深海では今後どれくらいの規模でどれくらいの数が発見されるかが明らかではない。62°以北の投資コストは大深海，荒天海域に移るため，15ドル／バーレルを越えて行くであろう。コストが上るため開発ピッチや開発方針は主として油価や税制に影響を受けることが考えられ，これはまた国の施策にも左右されることとなろう。

開発の方向として予想されることは

(1) Marginal Field 向けの石油生産システムが増大する。
短期間の生産を対象として移動可能な Flooting production system subsea completion system が発展する。

(2) パイプラインが深海でも建設され貯油を対象とする重力式プラットホームは少なくなるであろう。

(3) 初期に開発された EKOFISK，FORTIES は2次回収がはじまる。

(4) 北緯62°以北では大水深，耐氷型が開発されるであろう。

(5) TROLL の開発による深海油田の技術は一段と飛躍するであろう。

目の前せまっている開発プロジョクトのうち主なものを推定すると次のようになると思われる。

① ANDREW
② EIDER
③ TERN
④ ASKELADDEN
⑤ BALDER
⑥ GAMMA
⑦ SLEIPNER
⑧ TROLL
⑨ その他

Ⅲ　訪問先別調査報告

1.　Mc Alpine Offshore Ltd.

40 Bernard Street London WCIN ILG

1-1　訪問日時

1984年　9月13日　　14.30～17.30

1-2　面 談 者

Mr. Andrew Mc Alpine　　親会社 Sir Robert Mc Alpine & Sons Ltd. の owner

Mr. B. G. 'Bumph' Humphry　Director

Mr. Mike J. Collard　　Engineering manager

Mr. Jhon Derrington　　Chief engineer

Mr. Peter Kershaw　　Director

Mr. Jhon Cooper, Mr. Andy, Mr. Peter Ingram

Mr. Jim Buchanan

訪問者

当調査団メンバーの他

田辺繁彦氏　　清水建設㈱ロンドン事務所
　　主席駐在員

1-3　経　　過

同社会議室において主に Mr. Humphrys により会社概要，映画，スライドによって，同社が手がけたコンクリート製プラットフォーム及び今後の開発動向について紹介，説明があった。質疑応答の後日本側より香港沈埋トンネル（熊谷組）及び Super CIDS（日本鋼管）の映画を紹介しそれらに関して質疑応答が行なわれた。

1-4　会社概要

McAlpine Offshore Ltd. は Sir Robert McAlpine&Sons Ltd. の系列会社の１つである。

親会社の Sir Robert McAlpine Ltd. は115年前 Sir Robert McAlpine が創設し今日に至るまで McAlpine 家が代々継いでいる家族企業で多くの関連会社を有している。創設当初より建築，土木の設計，施工を手かけており，現在では長年の経験に基づいて高層建築，原子力発電所等の大規模構造物の設計を行なっている。更に近年では海洋構造物の設計施工まで手がけ，英国において屈指の建築，土木会社である。海洋構造物関係では，1973年にフランスの Sea Tank Co. と提携して当社の前身である Mc Alpine Sea Tank 社を設立し，これまでに３基の北海用コンクリート製重力プラットフォームの設計及び建造を行った。Mc Alpine Sea Tank 社はその後 Sea Tank 社と別れ，Mc Alpine Offshore Ltd. と名称を変えて今日に至っている。

その他海洋関連の会社については以下のものがある。

○　DSPS(Deep Sea Production Systems)

○　Mc Alpine Humberoak Limited

　組立，フックアップ，メインテナンス，エンジニアリング等のサービスを行なっている。

○　Mc Alpine Sea Services Limited

　コンクリート構造物のインスペクション，修理等を行なっている。

DSPS は当親会社と Humphreys and Glasgow Ltd. 及び BICC Limited の３社のコンソーシアムで1977年より石油生産システムの設計を行なっている。

日本では清水建設及び五洋建設と技術提携している。

1-5　内　　容

(1) 北海向コンクリートプラットフォーム

同社で建造したプラットフォームは次の3基である。

- FRIGG TP1
- BRENT C
- CORMORANT A

	FRIGG TP1	BRENT C	CORMORANT A
Customers	ELF AQUITAINE, TOTAL, NORSK HYDRO, STATOIL	SHELL-ESSO	SHELL-ESSO
Operator	ELF-NORGE	SHELL UK	SHELL UK
Field	Gas	Oil	Oil
Function	Treatment-Production	Drilling-Production Storage	Drilling-Production Storage
Water depth	104 m	140 m	150 m
Deck size	90 × 22 m	85 × 50 m	80 × 70 m
Steel deck weight	2 000 t	6 700 t (steel legs included)	4 600 t
Total load on deck	11 000 t	18 000 t	20 500 t
N° of wells	None	40	36
N° of risers	6	9	11
N° of J tubes	5	6	14
Storage capacity	None	600 000 bbls	1 000 000 bbls
Size of the caisson	70 × 70 × 44 m	90 × 90 × 57 m	100 × 100 × 57 m
Height of skirts	2.00 m	3.00 m	3.00 m
N° and external diameter of columns	2 (13.80 m to 8.80 m)	4 (14.90 m to 8.80 m)	4 (16 m to 9.30 m)
Total volume of concrete (structure and ballast)	64 000 m³	112 000 m³	136 000 m³
Weight of steel reinforcement	6 000 t	13 000 t	19 000 t
Weight of prestressing steel	500 t	1 400 t	1 125 t
Thickness of walls:			
– external walls of caisson	0.60 m	0.70 m	0.68 m
– internal walls of caisson	0.80 m	0.90 to 1.00 m	0.70 to 0.85 m
– columns	0.80 m to 0.40 m	0.90 to 0.40 m	1.00 to 0.40 m
Installation on location	June 1976	June 1978	May 1978

建造はいづれもスコットランドのMc Alpine社の建造ヤードであるArdyne Pointで行なわれた。ドライドック（グレービングドッグ）でケーソンの下部を建造後ドックから出しLoch Fyne沖の水深の大きい海上でプラットフォームを完成させた。使用セメントは普通ポルトランドセメントでw/c=0.435　コンクリートの圧縮強度は67N/mm²（GRADE50，FRIGG TP1の場合）である。ベースの底には深さ2mのスカートが十字方向に取付けられている。海底と底板との間にすき間が生ずる箇所はグラウトし海底反力の均一化を計った。ソイルとのインターラクションはFEM，解析計算を用いて検討しスカートのサイズ等を決めた。ケーソン及びカラムはスリップフォームで建造しDKとのメイティングは海上6mの高さで行なった。Brent, Cormorantの油田はパイプラインで結ばれ更にパイプラインはイギリスシェトランド島のオイルターミナルに接続している。パイプシステムとプラットフォームとの接続はモデルテストを何回も繰り返した上で施工した。

参考に図1.1にFrigg TP1のGeneral Arrangementを示した。

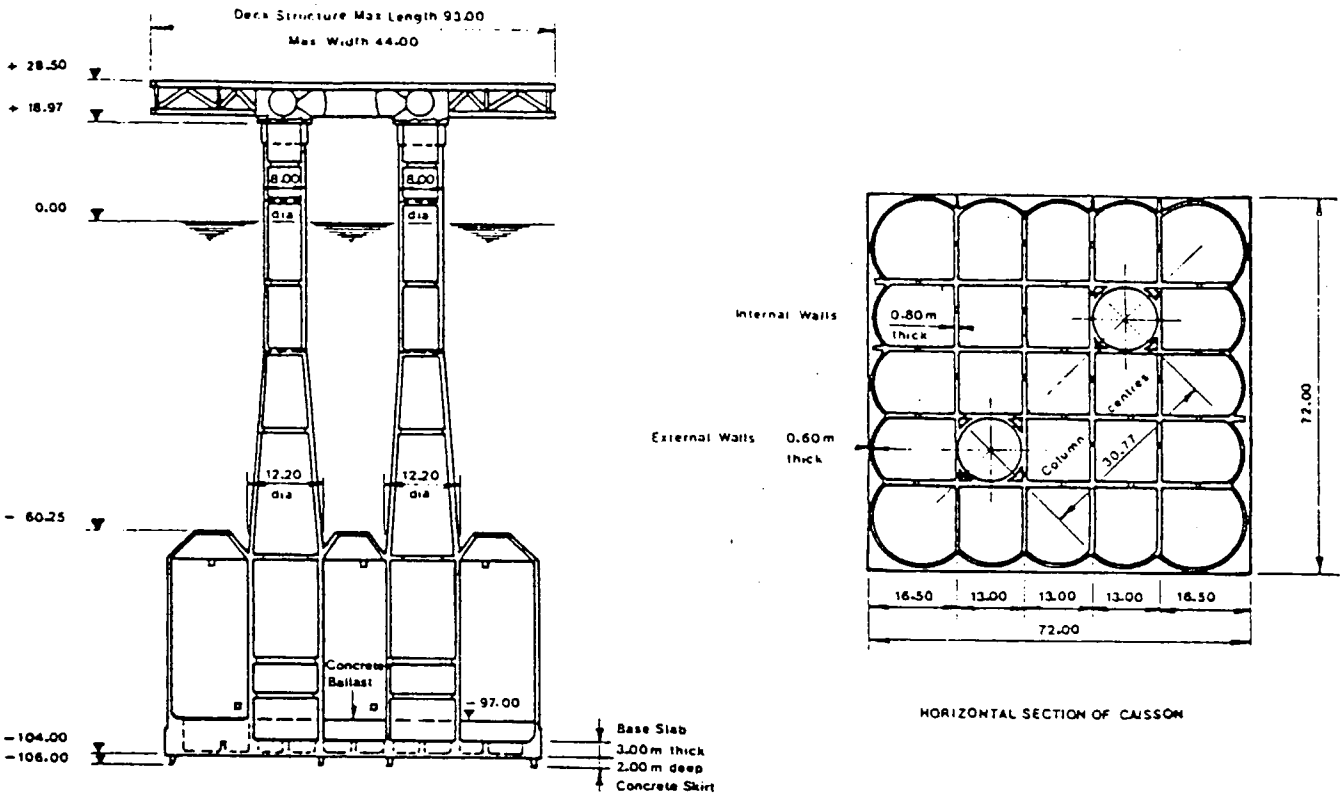


図1.1　General arrangement of structure (FRIGG TP 1)

(2)　プラットフォームの今後の開発（スライドにより説明）

(i)　1976年以降今迄建造されたコンクリート製プラットフォームを第1世代のものとすれば今後開発されるプラットフォームは第2世代と称されるものとなる。第2世代のものはコスト及び建造期間に於て優れている。その主な特徴は

○　コンクリート使用量を減らし，カラムを含めケーソン全体をドライドック内で建造できるようにして海上での作業を減らす。コンクリート重量削減の主要因にパイプラインが発達しストレージとしての機能が減ったことがある。

因みに同規模の構造物で比較すると

コンクリート使用量　　第1世代　：　120,000m³

第2世代　：　73,000m³

トータルコストで約30％減が可能である。

○　浮力タンクを付けてアンドック時の浮力を確保すると共に曳航時の安定性を増す。

トップサイドが2万トン以下で水深80～100mのものに適用可能デザインコンセプトを図1.2，1.3に示した。

(ii)　新らしいデザインコンセプトの例

①　Osberg（ノルウェー）向プラットフォーム DQWN　図1.2

②　氷海域（カナダ）向プラットフォーム

③　サハリン向30m氷深プラットフォーム

④　Venture Gas field 向浅海域プラットフォーム　図1.4

⑤　コンクリートベースをもったジャッキアップリグ　図1.5

⑥　スチール／コンクリートコンポジットストラクチャー　図1.6，1.7

⑦　コンクリート製フローティングプラットフォーム（水深200～300m）

⑧　DSPS　　プラットフォームの代りにサテライト式のウェルヘッドを作り油をマニホールドセンターに集

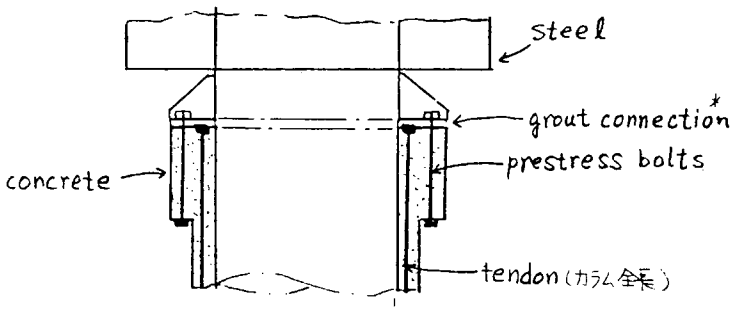
めプロセスセンター経由でタンカーにローディングする。コンセプトの1例を図1.8に示した。

(3) 質疑応答

(i) コンクリート構造の設計について

特に新しい技術では行なってなく，従来のビーム，スラブの設計手法の延長で行なっている。しかもそれだけでは不十分なので実設計はビーム，スラブの模型実験をベースに行なう。更にシリンダー，ドームの模型実験を行ない強度を確認している。実験結果はオフィシャルには出版されていない。

(ii) デッキ（スチール）とカラム（コンクリート）の接合



＊コンクリートとスチールの熱膨脹の差は小さいのでデッキ～カラムは固着しても問題はない。

(iii) スチール製とコンクリート製のプラットフォームのコスト

パイプラインが発達すればプラットフォームのストレージとしての機能の必要性が減るが，コスト計算の結果ではその場合でもスチールジャケットと十分競合できると思っている。但しこの比較は建造現場の立地条件（スチールの供給能力，溶接工，コンクリート打設工の手配，現場の環境条件（水深等）等）に左右される。例えばスチールの製造能力が高い日本と製造能力がないノルウェーとは結果が異なる。概して北海周辺の国ではコンクリートの方が安い。

(iv) インスペクション，メインテナンス

一般にコンクリート構造物はスチールに比べメインテナンスコストが低くすむが，目視によるインスペクションが可能であるという利点がある。現在政府によりインスペクションは5年に1回義務付けられている。

同社は水中でのメインテナンス，修理については優れた技術をもっている。北海に於ては衝突による損傷，磨耗等の4つの修理を行なった経験をもつ。修理に対する技術はほとんど確立されているが，現在当面している技術的な問題点は低温（7～8℃）に於いて樹脂が固化するのに時間がかかることがある。修理の技術，材料について同社は政府の補助金で研究を続けている。

(v) 軽量のコンクリートの使用について

使用の可能性については検討しているが，英国の場合は軽量骨材の供給能力の問題があり，現状では大型構造物の使用は無理と思われる。今は重量軽減には軽量コンクリートを用いるよりむしろコンクリート強度を増したものを使う方向で考えている。

(vi) その他

○ コンクリート構造の建造方法は各国の労働事情，雇用形態等により変わるようだ。(NKK の Super CIDS のフィルムを見た後の Mc Alpine の側の感想，Super CIDS は鉄筋を組立てた後コンクリートを打設したが，こちらでは鉄筋の配筋，コンクリートの打設を交互に行なっている。)

○ 渤海湾の開発

土質がソフトであるので現状のデザインでは成り立たず新しいコンセプトを考える必要がある。

1-6 感　想

今回調査の最初の訪問会社であったため緊張したが，暖かい歓迎を受け緊張もほぐれ，なごやかな雰囲気のうちに話し合いが行なわれた。親会社のオーナーの一員である Mr. Mc Alpine 自から出席したことも我々を歓迎してく

れたことの現われと思われる。Mr. Humphrys を中心とした説明も懇切丁寧であった。

さすが英国1，2の建設土木会社であるためか，コンクリート，スチールの比較の話題が度々出たが，コンクリート技術に対する自信のほどが言葉のはしはしにうかがわれた。

海洋構造物に関しては，北海指向ではあるが，サハリン，渤海の開発についても関心を持っている。

日本のコンクリート技術に対する関心も高く，香港沈埋トンネル（熊谷組）及び Super CIDS（日本鋼管）のフィルムに並々ならぬ興味を示し，質問も活発であった。今回このようなフィルムを持参したことは技術情報のギブアンドテイクに大いに役立った。

会議の終りに出されたモーゼルワインがすばらしく美味で心地よい酔いごこちの余韻を残して最初の訪問を無事終えた。

1-7 入手資料

1．Sir Robert Mc Alpine&Sons LTD. 会社紹介

2．Developments for the Future

3．D. S. P. S Phase Ⅱ Summary Report

4．Mc Alpine Sea Service Limited 会社紹介

5．"TP:1 The construction of gas treatment platform
No. 1 for the Frigg Field for Elf–Norge A/S"
J. A. Derrington Chief Structural Engineer
(Sir Robert McAlpine & Sons Ltd.)
The Structural Engineer February 1977/No.2/Volume55

6．"Development of seabed dry one atmosphere chambers for processing hydrocarbons from deep water, marginal and sub–ice regions"
Michael J. Collard, David A. Kemp
OTC 3957（1981）

7．"Repair of strage cell roof on Brent Bravo Platform"
B. G. Humphrys Eric C. Faulds
EUR 348（1982）

8．"Underwater repair of concrete"
B. G. Humphrys

9．コンクリート製デザインコンセプト図

10．Frigg TPI, Brentc, Cormorant A 主要目表

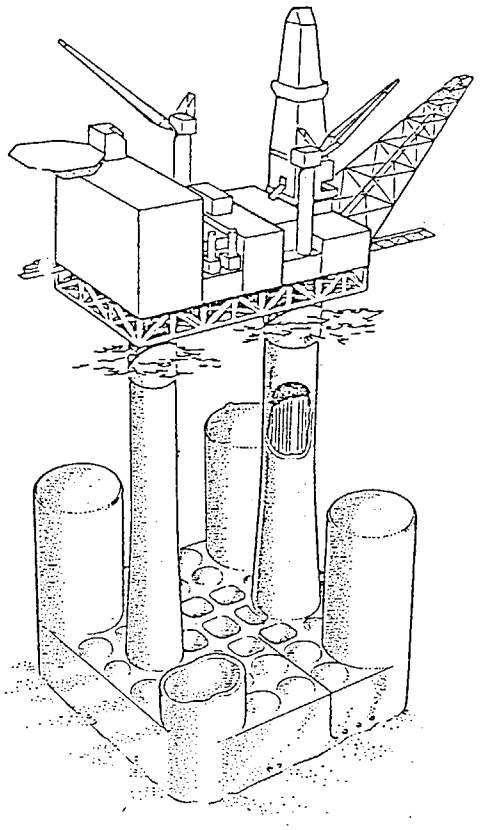


図 1.2　Concrete Gravity Platform Oseberg DQW－N

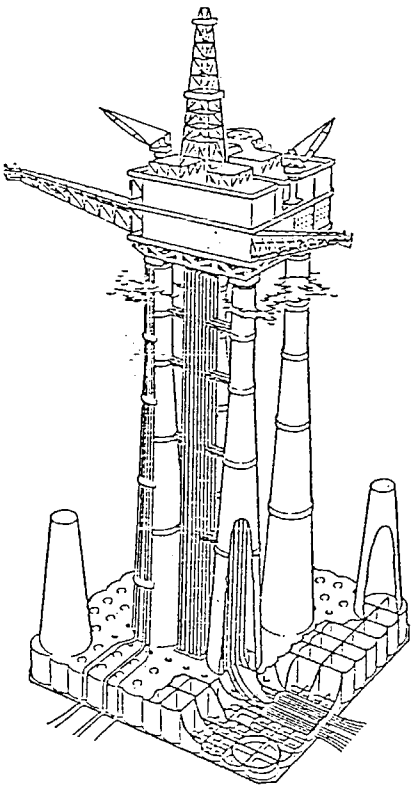


図 1.3　Magnus Field Gravity Platform

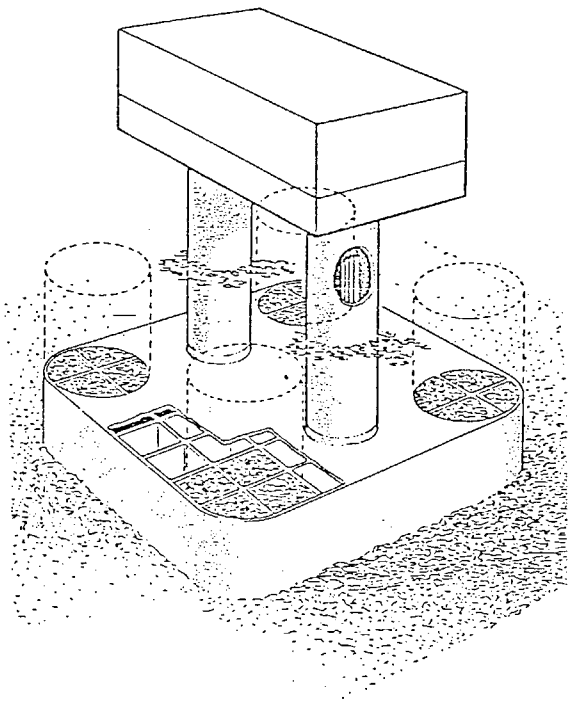


図 1.4　Concrete Gravity Platform Venture Gas Field

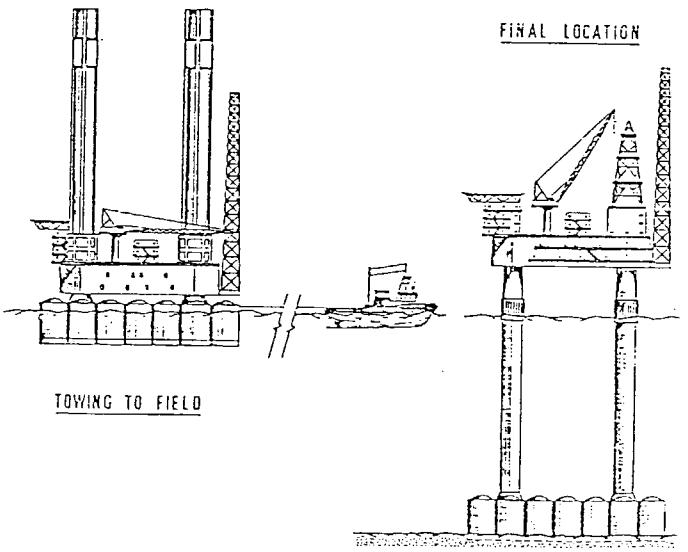


図 1.5　Self Elevating Deck Platform Study for Shell U.K. Exploration and Production

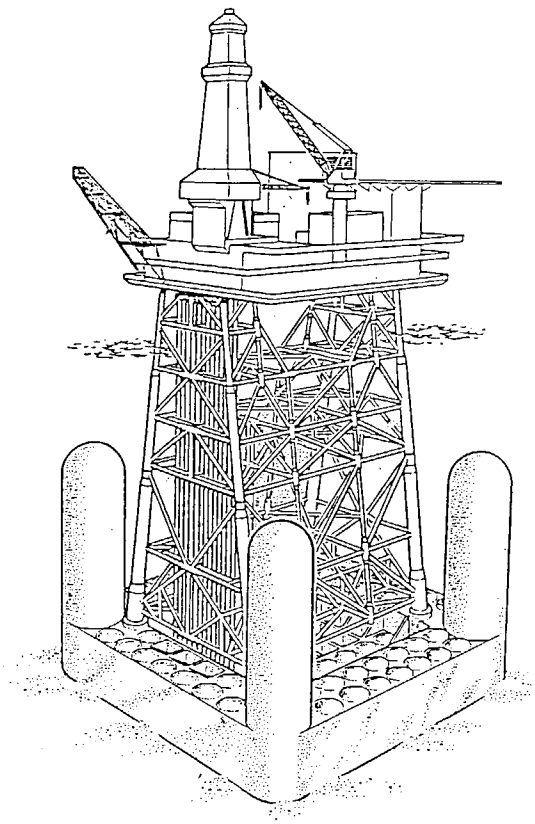


図 1.6　Eider Composite Platform Reference Design (Option 1)

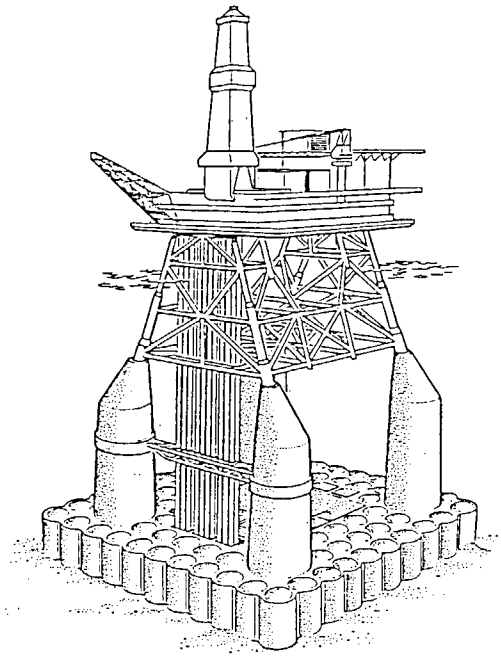


図 1.7　Eider Composite Platform Alternative Design (Option 2)

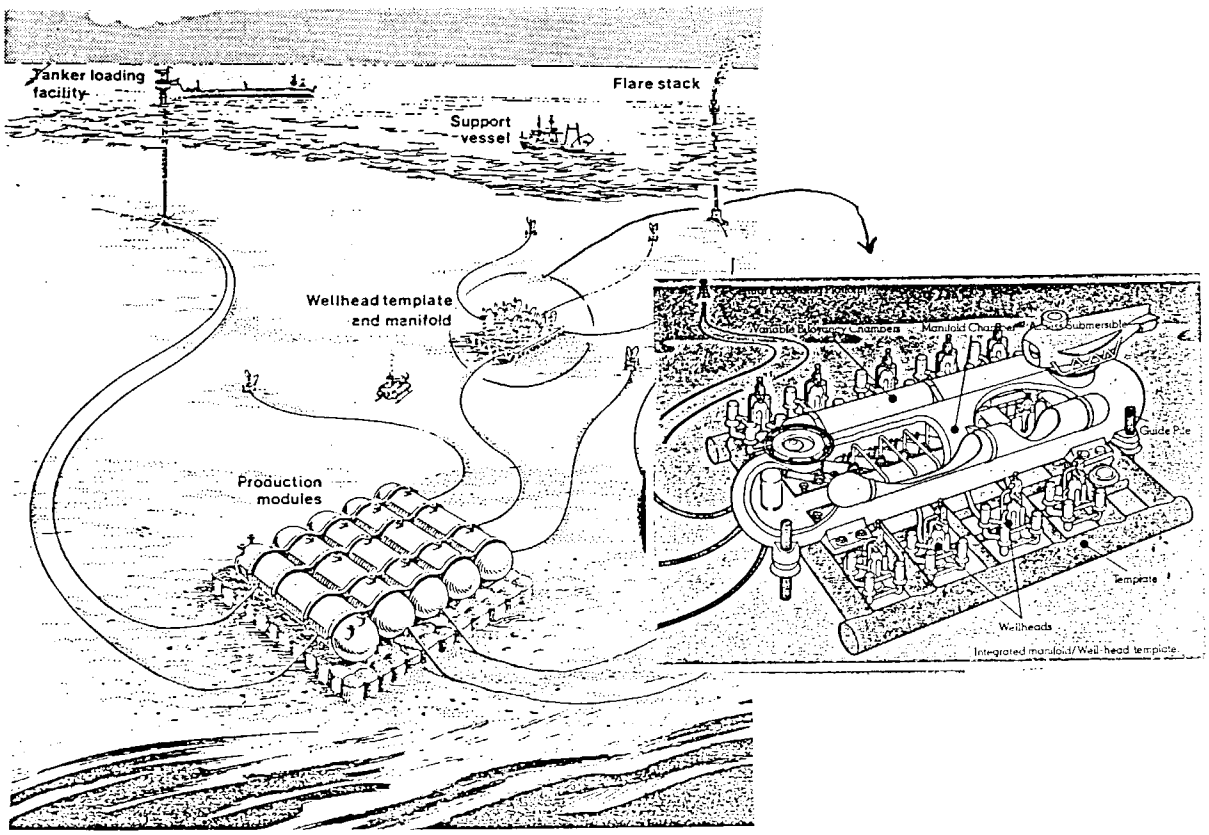


図 1.8　Seabed Production Facility－100,000 bpd at 500 metres　(DSPS)

2. ANDOC(Anglo. Dutch Offshore Concrete)

Head-Office

I.h.j. Nederhorststraat 2801 SC Gouda The Netherlands

P.O.Box 63 Telephone 01820-10222

U.K.Office

Construction House Birch StreetWolverhampton WV1 4HY United Kingdom 0902-22431

2-1 訪問日時

1984年9月14日　9.30～14.30

会議の場所　Tarmac Construction Limited 会議室（London）

2-2 面談者

Mr. G. C. Cummings	General manager, U. K. Office
Mr. Bart J. G. van der Pot	Chcif structural engineer, Head Office
Mr. D. W. Quinion	Campany chief engineer, Tarmac Construction Ltd.
Mr. E. J. Bridgewood.	Financial director, Tarmac Construction Ltd.
Mr. T. W. Ogilvie	Manager Specialprojects unit, Balfour Beatty Construction Ltd.

2-3 経過

司会役であったMr. CummingsよりANDOC社の会社概要の説明とANDOC社とノルウェーの3つの会社の共同体であるNOCS（Norwegian Offshore Concrete Structure）の説明があった。つづいて「DUNLIN A Platform」の工事記録映画が上映された。

日本側からの工事記録映画「香港地下鉄」（熊谷組提供）と「Super CIDS」（日本鋼管提供）が上映された。昼食，休憩その後全体にわたる質疑応答がなされた。（写真）

写真　会議風景
左より　藤田先生
1人おいて
Mr. Quinion
Mr. van der Pot
Mr. Cummings

2-4 会社概要

ANDOCは欧州の5つの大手建設会社の合弁会社であり，その5つの会社はオランダ3社イギリス2社で次の通

りである。

Hollandsche Betton Groep nv　(オランダ)

Royal Boskalis Westminster nv　(オランダ)

Royal Volker Stevin nv　(オランダ)

Balfour Beatty Construction Limited　(イギリス)

Tarmac Construction Limited　(イギリス)

1972年に設立された会社で，海底石油開発プラットフォーム等の大型海洋コンクリート構造物の設計，施工を目的としており，後述の様に「Dunlin A」プラットフォームの設計，施工を行なってきた。

ANDOC はこのような構造物の需要がない場合にはその活動を縮少し，需要があれば各構成会社からマンパワー・資金等を投入することにより，いかなる特殊な要求に対してもすばやく対応することができるというユニークな会社の一つである。

2-5 内　容

(1) DUNLIN A PLATFORM

SHEII 石油から発注され ANDOC 社が設計・施工したダンリン油田用の重力式コンクリートプラットフォームであり建設記録映画が上映された。

その概略構造は図2.1に示す通りである。1977年に据付けられ，1978年から現在まで1.5億バーレル以上の石油を生産している。

Certification は，ノルウェー船級協会で行われた。機能は生産プラットフォームであり掘削生産貯蔵居住及び払い出し設備を有している。

設置水深は150mである。

1)　建設費　165百万ポンド

2)　工　期　基本設計　1973年9月～1974年4月

ドライドック建設　1974年4月～1974年9月

建造(ドライドック内)　1974年9月～1975年5月

建造一次(ウェットドック)　1975年5月～1976年8月

建造二次(ウェットドック)　1976年8月～1977年8月

(デッキの接合　設備搭載)

据付その他　1977年8月～1978年3月

3)　設計に用いた規則等

1974年イギリス　エネルギ省制定「Guidance for the Design and Costruction of Offshore Installation」に基く他必要に応じてイギリスの B.S 規格ならびに DnV 規準等を用いた

4)　設計の波浪　波高　Hmax＝31m　H ⅓＝16.4m

周期　T＝17 sec　T ⅓＝13.8 sec

再現周期　100年

5)　設計に要したマンパワー

概念設計　150人程度　図面約1000枚

実施設計　全体で200,000人時程度

但しこの数字は設計規則の変更等でくり返し設計という場合もあったので現在としては不正確である。

6)　設計上のセールスポイント

• 設計そのものが経済的な設計である。

他の同じような水深のプラットフォームに比べケイソン，タワー共小さくなっていて浮力の面でタワーの上部をスチール製にする等の工夫をしている。

- 大水深のプラットフォームにもかかわらず浅い水深の場所で建造出来るような設計である。
- 設計・施工を一括して行っており，施工を十分考慮した設計である。

7) 施工上のセールスポイント

全体としてチームの成果そのものがセールスポイントであるが，その内のいくつかを示すと次の通りである。

- ケルソンのコンクリートを延長2kmにわたるスリップフォーム工法で同時施工を行なった。そして特に問題はなかった。
- プレキャストユニットによるケイソン屋根の工法やスカートをケイソンに固定する工法等が特徴である。
- デッキのメインビームとしてボックスガーダーを使用することにより，ガーダー内部に搭載機器の一部を収納させた。

8) 主要実験

- 海上作業等に関わる実験はデルフト水理研究所で行われた。
- デッキ接合部の応力はモデル実験によって決められた。

9) 主要使用材料

コンクリート	94,000m³
鉄筋	10,000t
ＰＣ鋼材	3,000t
構造用鋼材	7,000t

コンクリートの設計強度は約450kg/cm²でありコンクリート1m³当りの鉄筋量は130kg，ＰＣ鋼材量は25kgである。

ちなみに北海におけるコンクリートプラットフォームのコンクリート1m³当りの鉄筋及びＰＣ鋼材の量は次の通りである。

鉄筋；最大225kg（Frrig TCP−2）
　　最小 77kg（Cormorant A）
ＰＣ鋼材；最大　45kg（Doris の設計の Ekofisk 等）
　　8.5kg（Cormorant A）

10) 質疑応答の要約

- デッキとコラムの接合点の応力集中係数は計算によらず実験によって応力を測定し決めた。据付後の検査は部分毎に毎年行い，4年で全部行うような方法で行っているが，全体的に特別な問題はなく，この接合点についても異常はみられない。
- 計測について

建造中は応力計，歪計によりコンクリート鉄筋の計測を行った。

据付後の計測における計測値と予測値の比較を行っているが，スタティックなものはおおむね合っている。ダイナミックなものは合っていないが安全側に出ている。例えば，固有振動周期は予測値4.2secに対し計測値は2.5secであった。

- スチールコラムについて

タワーを全長にわたりコンクリート製とせず，上部をスチールコラム（約600t）としている理由は浮力と安定の問題でこのようにした。又スチールコラムの断面形状が違っているのは上部塔載荷重の差異によるものである。スチールコラムとコンクリートタワーの接合部がほぼ水面に来ているが，これは直径の少さいところすなわち曲げモーメントが最少のところが接合点になっていてこれがほゞ水面のところとなっ

た。止水については問題はない。

• 精度について

デッキ製作の精度は±1.5cmであった。

又メイティングにおける4つのコラムとの誤差は0.5cmでありほぼ完璧であった。

• デッキメイティングについて

デッキメイティングは十分に深さがあり静穏な海域において，構造物をほとんど全部沈めた状態で行う（全排水量40万t）しかし潮流によりその地点の海水の比重が変化するため構造物が上下する。これに対してはバラストシステムにより常時バラストポンプを稼働させて調整した。尚，2％の浮力の余裕をみた。

又バラストポンプの運転は近くのポンツーンの上から行ったが，現在ではユニット上から行うようになっている。

(2) ANDOC 保有技術

1) OILDOC（Offshore Island on Large DOuble Caisson）

上下2段のケイソンからなる石油開発用重力式コンクリートプラットフォームである（図2.2参照）

上部ケイソンは1本もしくは4本のタワーを持っている。このケイソンは曳航・沈設時には，浮力タンク又はバラストタンクの役割をし，設置後は貯油タンクとなる。下部のケイソンは常にバラスト水が入れられていて大水深においても大きな外水圧を受けないので比較的軽構造となっている。上部と下部のケイソンは静穏な海域で接合され更に上部設備を全部搭載して現地へ曳航され沈設される。適用水深は150m～250mである。ノルウェー船級協会の基本承認を取得している。

2) SEAPOT（SEAbed Prefabricated Oil Tank）

浅い水深（10m～20m）の場所に曳航沈設される海底貯油タンクである。コンクリート製の二重の壁を持つリング構造となっている（図2.3参照）

所定の場所へ曳航し二重壁の内部にバラスト水を入れ沈設する。

浮屋根装置を持つ油水置換式のタンクであり，内外の水圧をバランスさせることにより，漏油の恐れがない。通常の鋼製のタンクと同じ程度に経済的である。利点としては，海底に設置されるため陸上のタンクに比較して景観を害することがなく，又防災上危険性が少ないことがあげられる。

3) ASTRID（Andocs Slender Tower Reaching Increased Depth）

SEHELL と STATOIL 向けに開発しているものであり，北海北部 TROLLFIELD の水深350m迄のところに適用されるコンクリートプラットフォームである（図2.4参照）。構造はスカートが付いたコンクリート製底版とコンクリート製のシリンダーストラットによって支持されたセンターシャフトからなってる。

このシリンダーストラット及びセンターシャフトには貯油が可能である。底版をドライドックで建造しその他はウェットドックで建造する。

1983年 STATOIL 向けの開発については，この概念設計の技術的な可能性を確認し，基礎の安定解析がデルフト土質研究所の FEM プログラムを用いて行われた。構造解析と同時に海上作業についても解析が行われている。ANDOC は北海北部が今後の大きな市場と考えている。

(4) NOCS（Norwegian Offshore Concrete Structure）

ANDOC は，イギリスやオランダの市場のみでなく，ノルウェーの市場にも対応出来るようにするためノルウェーの3つの会社との共同体をつくっている。

これが NOCS であり，現在は北海の水深の大きい場所のプラットフォームの概念設計やその他いくつかの石油関連の海洋構造物の概念設計を行っている。

(5) Hunterstone Jetty（映画）について

これは英国鉄鋼公社（BSC）のイギリス最大の鉱石ターミナル用の桟橋工事の建設記録である。工事は HBG,

Tarmac 他1社計3社のJVで施工された。設計はイギリスのRendel Palmérが行った。場所はイギリス・スコットランドのHunterstone（グラスゴーの北方約30マイル）である。

1) 工事概要

世界最大級の水深（35m）を誇る鉱石ターミナル，桟橋の対象船舶は350,000 DWT. ターミナルは，アプローチ部が延長440m，桟橋部が延長550mであり，構造は，大口径鋼管杭基礎および鉄筋コンクリート製上部デッキより成る。

工期の短縮化を計るため，殆んどのコンクリートは，プレファブ施工を行なった。

鉱石の主たる積出地は，オーストラリア等である。

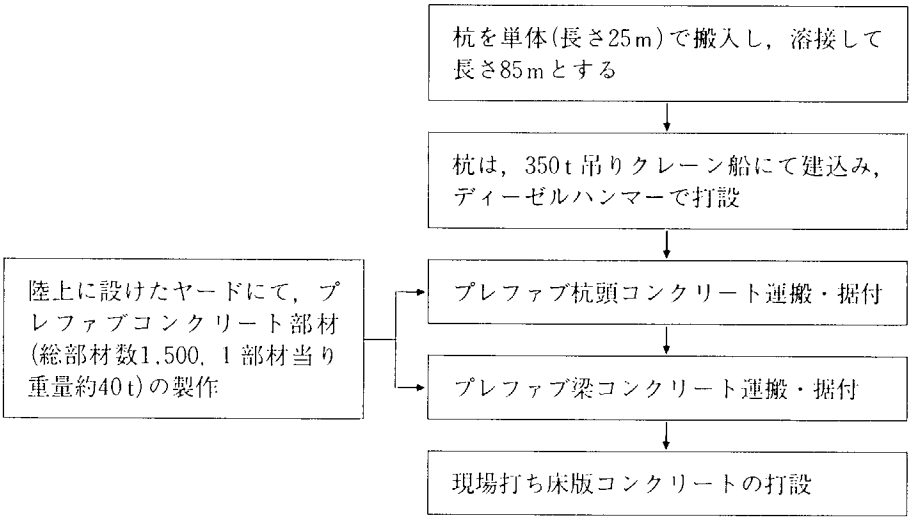
2) 主要材料

鋼　管　材：総重量12,000t（径1.2m，長85m，本数412本）

コンクリート：30,000m³

鉄　　筋：8,500t

3) 施工法の概略



2-6 感　想

ANDOC社は国が違った同クラスの建設会社5社の合弁会社で海洋石油プラットフォームの設計施工を行う会社である。

Mr. Cummingsは同社がユニークな会社の一つであり，非常にうまくいっていることを強調していた。海洋構造物特に石油プラットフォーム建設のプロジェクトは種々の広い分野の技術が必要であり，5社が各社のそれぞれのすぐれた技術やマンパワーをうまく結合させ成果をあげていると思う。

又他の研究機関（デルフト水理研究所等）と密接な連携を取り技術開発や施工技術の改善等を行っている。制度等の違いもあろうが，官，学，民が緊密に有効に一体となって機能していることは我が国より進んでいるのではないかと思う。

我が国の民間工事では考えられないほど容易にドライドックを作ったり沿岸海域を工事に利用したりしている。写真等でみると建設ヤード等も十分のスペースを取っており，また取ることが可能なようであり，これら仮設備の条件は日本と比べはるかに好条件であると感じた。特にノルウェーは，プラットフォームを建造するための地形条件にめぐまれていて日本ではこのようにはいかないだろう。

訪問した会社の大部分に言えることであるが，我々調査団に対して非常に友好的であった。

2-7 入手資料

1．Hollandsche Beton Groep nv. Annual Peport 1983

2. Royal Volker Stevin nv. Annual Report 1983

3. Royal Boskalis Westminster nv. Annual Report 1983

4. Balfour Beatty Construction Limited. Annual Report 1983

5. Tarmac Construction Limited. Annual Report 1983

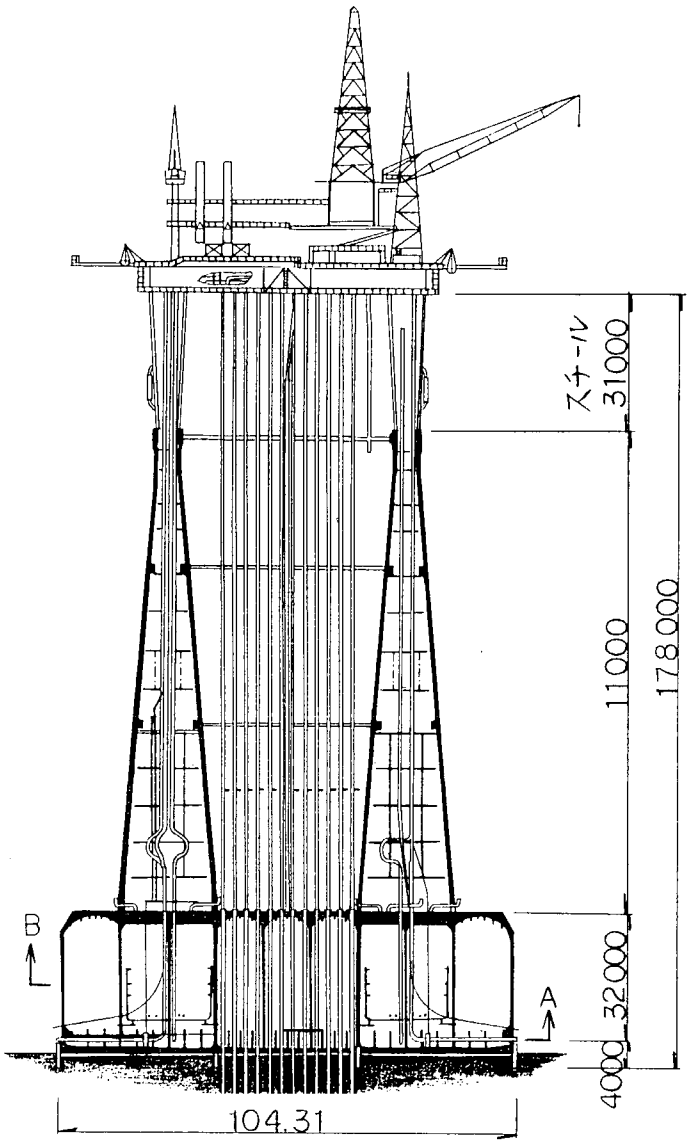
6. Tarmac 80 year on...

7. NOCS A/S Norwegian Offshore Concrete Structure. Bergen 4the May 1984

8. ANDOC Gravity Type Platform.

9. ANDOC AngloDutch Offshore Concrete
Design and Construction of Marine Concrete Structure. July 1982

10. Note for inclusion with the Japanese Paper



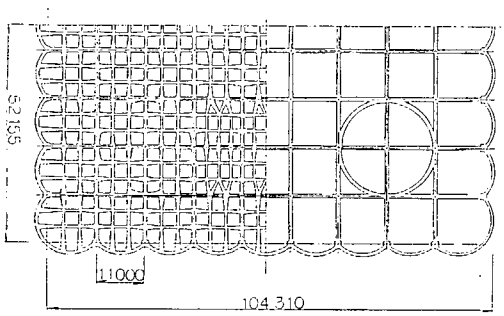


図 2.1　DUNLIN A

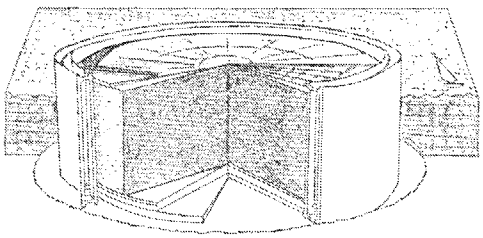


図 2.3　SEAPOT

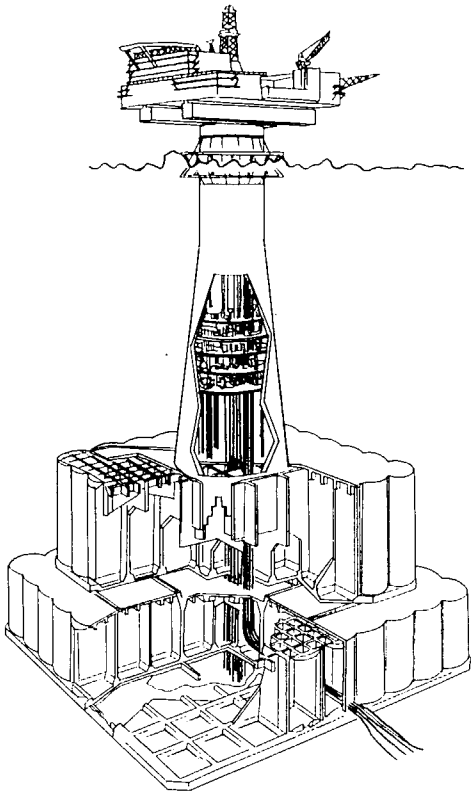


図 2.2　OILDOC

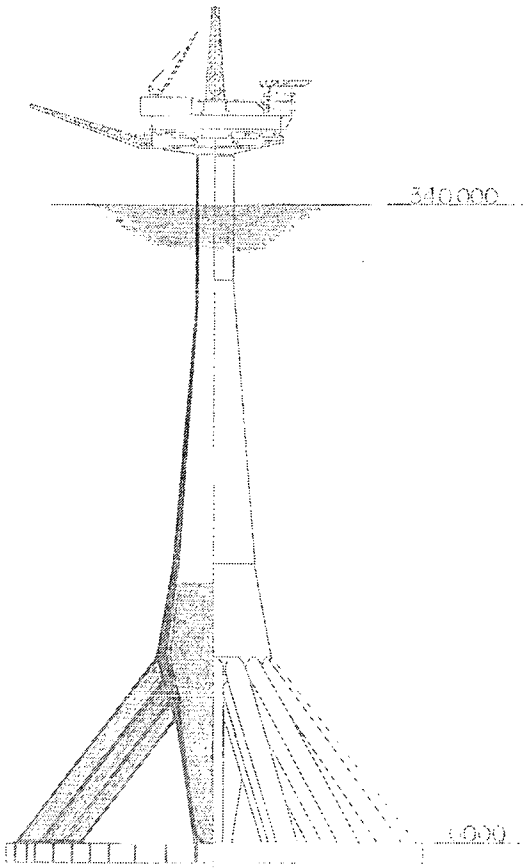


図 2.4　ASTRID

3. LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

71 Fenchurch Street, London EC3M 4BS, England

3-1 訪問日時

1984年9月14日　　15：30～17：00

3-2 面 談 者

Mr. John B. Cowan (Head of Certification & Field Service Dept., Off-shore Service Group)

Mr. Walter J. Winkworth (Deputy Head of Ocean Engineering Dept., Off- shore Service Group)

Mr. Robert D. Boon (C. Eng., Ocean Engineering Dept., Off-shore Service Group)

3-3 経　　過

Mr. Cowan より協会概要，コンクリート海洋構造物に関する活動状況及び検査一般に関する説明があった後（Mr. Cowan は所用のため説明後退席），Mr. Winkworth，Mr. Boon（コンクリート専門家）により，あらかじめ送付しておいた質問状に対する口頭による回答及び関連資料の提供を受けた。予定された時間が非常に短かかったため質疑応答は割愛せざるを得なかった。

尚，調査団側からのプレゼンテーションは行なわなかった。

3-4 質問状に対する回答

（項目番号は質問状の項目番号に対応）

1.1, 2)　協会の歴史，海洋構造物に対する ACTIVITY，コンクリート構造物の実績

L.R. の1760年創立以来の船舶に対するサービスは衆知の事実故説明は省略する。

海洋構造物に関しては1957年 Jack-up-Rig の Survey を行ったのが最初であり，1960年代の後半 Ocean Eng. Dept. が設けられ，現在の Off-Shore Service Group に発展して行った。

Off-Shore S. G. の現在の Activity は下図の通りである。

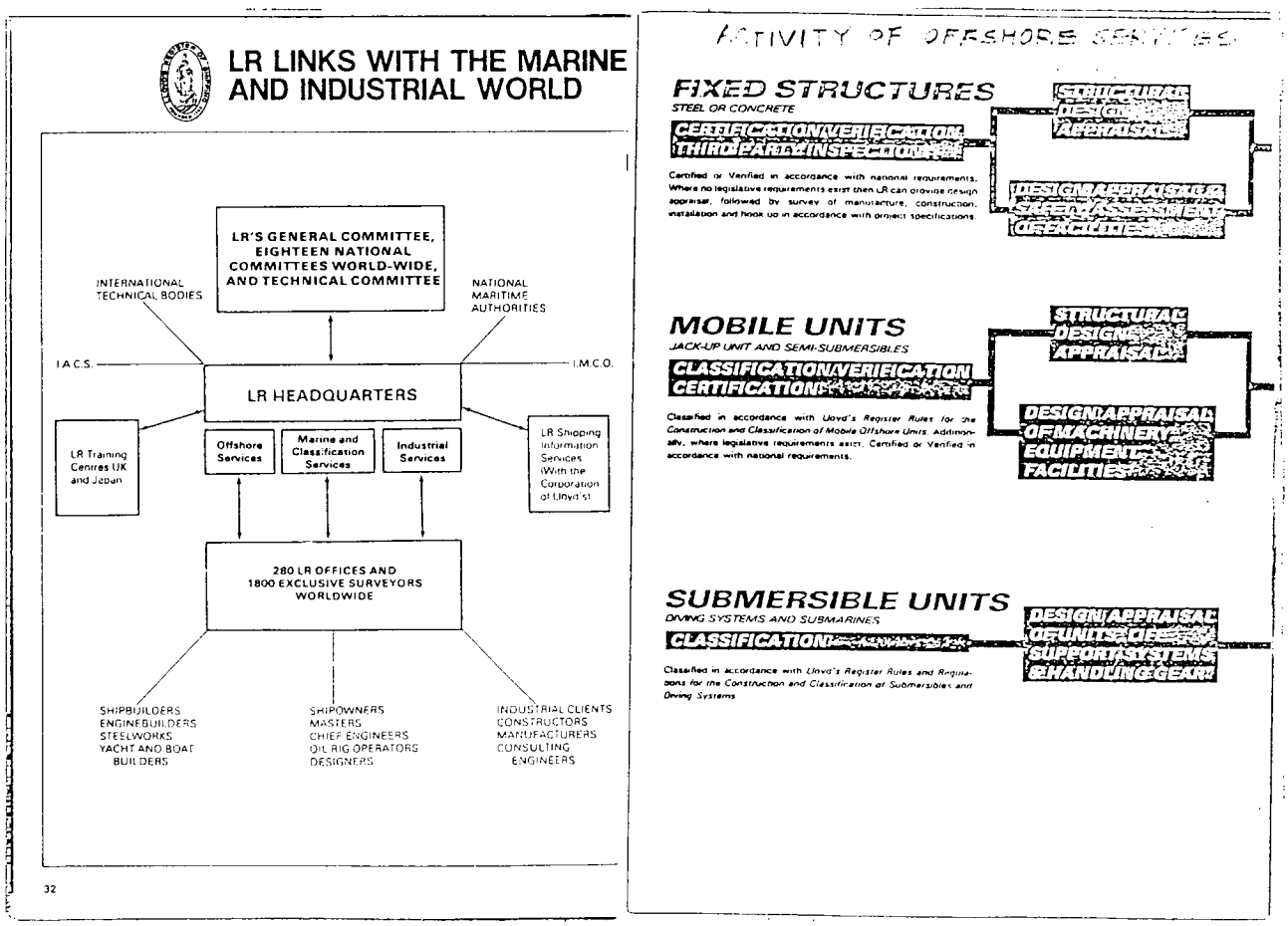


図3.1　ロイド組織図

今迄に約450件の海洋構造物の Certification 又は Classification を行っており，その内4件が，コンクリート構造物である。

Off–Shore 関係の技術者は約130名で Civil Eng., Soil Mechanics Eng., Hydrodinamics Eng., Naval Architecture, Computer Programmer 等が含まれている。

L. R. の Certify した海洋コンクリート構造物の一例として C.G. Doris/John Howard 社で建造した FRIGG CDP1 に関する論文を提供するので参照されたい。

(Certification of Concrete Gravity Platform in the Noth Sea–OTC2436)

1.3) スティール-コンクリートハイブリッド構造物

北海向けの実際の海洋構造物の経験はないが，いくつかの Concept を検討した経験はある。

1.4, 5) コンクリート海洋構造物の需要予測，スティール製との利害比較

イギリスではコンクリート海洋構造物は需要は低いとみている。

コンクリート構造は現地据付に要する期間が短かい，大量の Oil Storage が可能，Maintenance 費用が少ない等のメリットはあるが，Steel 製の方が安価である。5年前のデータだが，400′ 水深の Platform の計算結果では Steel 製5千5百万ポンド，Concrete 製1億ポンドと言う数字が出ている。

Concrete 製，Steel 製の利害得失は一般論として述べることは出来ない。建造場所，設置場所によって大きく左右されるであろう。

1.6) コンクリート海洋構造物の問題点

技術は一応確立していると考えている。今後はより深い所で使用する構造物の Concept が必要となってくるであろう。

1.8) 高強度コンクリート

60MPa 程度迄は問題ないであろう。LR としてはこれ以上の強度のものは研究していない。

軽量コンクリート

海洋構造物として使用された例は知らない。軽量コンクリートは経済性が良くないし，耐久性に関しては更に研究の要があろう。

1.9) 海洋コンクリート構造物の承認手順

L. R. は独自のルールを持っておらず Classification は行っていない。又その必要性も感じていない。

Client が指定する Goverment Rule, International Standard 又は Project Specification に Meet しているかどうかを鑑定し Certification を発行している。

一般には先ず設計条件が固まらない段階で，その Concept が原理的に OK かどうかを検討し Preliminary approval を行い，次にこれが更に具体化した段階で General Approval を出すことになる。

現在15件の海洋コンクリート構造物の Conceptdesign に対し Preliminary Approval を出している。その中3件がハイブリッド構造である。

2.1) 海洋コンクリート構造物のルール

LR は正式なルールは持っていないが，Draft は出来ている。

これは，イギリスのエネルギー省のガイダンス (Offshore Installation Guidance on Design and Construction) に採用されている。

しかし LR としては，この Draft を正式なルールにする予定は今の所ない。理由は経験少なく，時期尚早と考えているからである。

2.2) ハイブリッド構造のガイダンス

特にない。コンクリート構造，鋼構造の規準を準用し，結合部に留意すればよいと考えている。

2.3) 氷海用コンクリート構造物

氷荷重の算定についてLR独自のものは持っていない。

カナダの規則がやがて出されると聞いている。氷荷重を理論的に求めるためには更に多くの実験が必要であろう。

LRとしては実験プログラムの検討を行っている段階である。

疲労強度に氷荷重をどのように扱うかは，構造物の設置場所によって個々に検討すべきである。

北海向けの構造物では氷荷重とStorm Loadが同時に作用することは考えなくてもよい。

低温用コンクリートとしてはASTMの基準で充分であろう。

2.4) コンクリート製洋上LNG貯蔵タンク

実際の経験はないが，研究はされている。給論的に言えば，安全上，コスト上考慮すべき問題はあるが，コンクリートは低温特性が優れており，二次バリヤーとしては充分使用出来ると考えている。安全上一次バリヤーと二次バリヤーの間隔の決定法，内外圧その他衝突事故等に対して安全性の立証法等は特に重要な問題である。

2.5) Foundation

設計上重要な問題であり，LRで検討した一例をO. T. C.に発表しているので，これが参考になるであろう。(Analitical and Field Deta Studies of the Dynamic Behavior of Gravity Structures and Foundations–OTC3008) 又用意した"Extracts from L. R. Draft Rule Concerning Foundations"にSkirt, Under–Base Grouting等についても述べているので提供する。

2.6) コンクリートの水密性

今迄の経験では普通コンクリートで問題は生じていない。

ただし，Oil Storage Tankのように大きな圧力が作用する場所にはPre–Stressを導入し外面にクラックが発生しないよう特に注意する必要がある。

2.7) 腐蝕

設計上はLimit State Designに於けるControl Crackingで対処している。実際に問題を生ずるのはSprash Zoneで，この部分にはExtra Cover, Good Workmanship等の留意が必要であろう。水面下は問題ない。

2.8) 軽量コンクリート

1.8)を参照のこと。

2.9) 疲労による損傷

今までに疲労破壊の経験はない。疲労が問題となる場合にはPre–Stressを導入することが大切である。

2.10) 凍結融解による損傷

損傷の経験はない。Air–Containmentのコントロールが大切である。

2.11) 地盤沈下，地震による損傷

問題は生じていない。

2.12) 洗掘対策

3～4mのスカートを設けている。

2.13) Marine Growthの影響

コンクリート構造の場合は考慮する必要はない。

2.14) 許容クラック幅

Under Waterでのコンクリート表面のクラック幅の許容値は0.3mmである。この値は将来緩和される方向にある。

2.15) ICING

ICINGに対する考慮は設置場所による。北海のコンクリート構造物では特に考慮していない。

2.16) 現地計測

Department of Energy の指導の下で行った4つの現地計測例がある。生データは公表できないが，ロイドでまとめた Summary Report を参考に提供する。(Monitaring and Assesment of Data from Offshore Platforms–Summary Report)

3) 検査

コンクリート，鋼材の材質検査，各建造ステージ毎の検査項目，内容は通常の Civil Engineering Standard に従っている。

Slip Forming が多用されているが，速度は1 m/24Hr 程度である。Striking Time のチェックが重要である。

コンクリート強度は3，7，28日強度をチェックするが，場合によっては更に長期の強度をチェックした例もある。

Post Tensioning に於て Tendon に傷がつかないよう特に注意が必要がある。モニタリングシステムについては資料を用意したので参照されたい。

3-5 感　想

時間的制約もあったが，極く表面的な調査しか出来なかった。

Offshore Concrete Structure の Rule Draft が出来ているというのは初耳であったが，これも早急に Rule 化する予定はなく，LR としては，コンクリート海洋構造物に関しては，各国政府の規則，既成の規準に MEET しているかどうかの鑑定作業で充分と考えているように感じられた。

この点 NV の積極的な姿勢との相違がうかがわれた。

3-6 入手資料

1. Lloyd's Register Today
2. Survey & Certification (Offshore Services)
3. Ocean Engineering (Offshore Services)
4. Certification of Concrete Gravity Platforms in the North Sea (OTC 2436)
5. Analytical and Field Data Studies of the Dinamic Behavior of Gravity Structures and Foundations (OTC 3008)
6. Extracts from L. R. Rules Concerning Foundations Monitoring and Assessment of Data from Offshore Platforms–Summary Report
7. Lloyd's Register Draft Rules for Offshore Concrete Structure
8. Reinforced Concrete–Site Control, Especially for Slipforming

4. Canpenon Bernard

92–98 Boulevard Victor–Hugo

92115 Clichy, France

4-1 訪問日時

1984年9月17日　　14：00～17：00

4-2 面 談 者

Mr. Georges Grenier

Deputy Manager

Design and Planning Department

4-3 経　過

同社会議室にて，Mr. Grenier より会社の概要の説明のあと，スライドにより同社建造事例，Offshore 関連活動，また映画により，ブラジルにおける石油堀削用の重力式コンクリートプラットフォームの説明を受けた。その後，調査団側から，Undersea Tunnel in Hong Kong（株式会社熊谷組），The Super CIDS（日本鋼管株式会社）の建造

記録映画を約10名の技術者に対して上映した。

4-4 会社の概要

CAMPENON BERNARD は，企業グループとしての総称で，その社名は，２人の創立者に由来している。

組　織

CAMPENON BERNARD GROUP

① CAMPENON BERNARD …… public works

② CAMPENON BERNARD CONSTRUCTION …… housing

③ FREYSSINET INTERNATIONAL …… engineeing, prestressing

④ VIAFRANCE …… roads (Asphalt)

⑤ DIVERS …… miscellaneous（不動産等）

出来高

１年間　50億フラン（約1,350億円）

最大株主　GENERAL SOCIETY OF WATER

（水道供給会社）

事業分野　主にコンクリート構造物に関する設計，施工

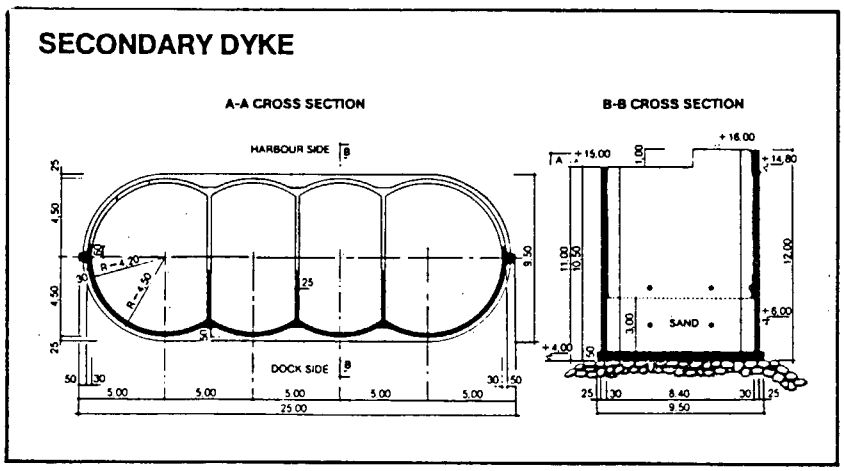


図4.1　消波堤の構造

4-5 内 容

(1) コンクリート構造物建設事例

1) 貯水池

所在地：パリ

概　要：プレストレストコンクリートによる地下二段式貯水池

貯水量：200,000m³

高　さ：16.60m

時　期：1961－1964

2) Karun dam (Reza Shah Kabir dam)

所在地：イラン

概　要：複心曲線をもつアーチダム

堤　高：200m

堤　長：300m

数　量：堀削2,400,000m³，コンクリート1,500,000m³

型枠450,000m²

貯水量：3,000百万m³

プラント出力：1,000,000kVA

時　期：1970－1976

3) Maine－Monlparnasse tower

所在地：パリ

概　要：39m×62mの楕円形をした56階建高層建築

構　造：コアー部RC造，外周部スチールフレーム造

高　さ：200m

基　礎：wall piles

時　期：1970－1973

4) LNGタンク

所在地：フランス，中近東に集中している

概　要：プレストレストコンクリート，内部スチールライニング，RCドーム

貯蔵量：4万～5万m³のものが多い

5) Brotonne bridge

所在地：フランス：（セーヌ川下流）

橋梁型式：斜張橋

概　要：プレストレストコンクリート

移動型枠2組

構　成：主径間320m，側径間143.5m×2

幅　員：19.2m

(2) Marine Structure 建設事例

1) 水門 (Conversion of Loubet dock)

所在地：フランス

概　要：水門は，ドックの中でコンクリート船（6万t）として予め製作され，800m程曳航して94本の杭基礎上に建設された。

形　状：長さ165m，幅40m，高さ20m

干満差：10m

2)　埠頭

所在地：ル・アーブル（フランス）

概　要：ドライドックにて製作された円筒形の下部ケーソンを曳航，据付け，所定の位置で掘削沈下させその後，上部をスリップフォームにより製作した。

埠頭延長：800m

ケーソンの形状：26.4m×20.8m

ケーソン基数：マルチケーソン　18基

干満差：8 m

3)　港湾設備

所在地：モロッコ

概　要：フランス2社とJVでCampenon Bernardは，主として岸壁など港湾内部施設を担当した。岸壁は，ケーソンをベースにしている。

岸壁数：9

ケーソン基数：150基

港湾面積：200ha

防波堤延長：3,200m

水　深：12～16m

時　期：1976－1981

4)　50万tドック

所在地：ブレスト港

概　要：80m×420m，水深9.0m～7.5mの造船用ドックで，コンクリート製フローティングゲートで締切られている。

ゲート寸法：長さ85m，幅17m，高さ17m

干満差：8 m

5)　消波堤

所在地：英国海峡（モンサンミッシェル）

概　要：干潮時は，海底面が露出する地点に建設され，有孔のプレハブコンクリートを設置することにより消波と干潮時は堤内の堤内の船を浮いた状態にしておく役割りをする。

干満差：14m

(3)　Offshore Structure

Campenon Bernardは，北海向け，大型構造物の設計計算を主に行った。大型コンクリート構造物の80％は、フレシネー工法を採用している。フレシネー工法の特許は、グループ会社であるFreyssinet Internationalが有している。表-4.1にOffshore関連の事例を示す。

また、同社独自のデザインも開発している。

1)　Platforms for UBARANA & AGULHA oil field

①　プラットフォームの概要

石油鉱区：UBARANA and AGULHA／RIO GRANDE DO NORTE-BRAZEIL

企 業 者：PETROLEO BRASILEIRO SA PETROBRAS

設計会社：CAMPENON BERNARD

表4.1 OFFSHORE REFERENCES OF CAMPENON BERNARD GROUP

ACTIVITY PERFORMED	OWNER AND OPERATOR	OIL FIELD	UNIT	GENERAL CONTRACTOR	ACTIVITY PERFORMED BY CAMPENON BERNARD	DATE
ENGINEERING	PHILLIPS PETROLEUM	EKOFISK	réservoir	CG DORIS	Complete structural design	71-73
(E.E.G.)	TOTAL	FRIGG	MCP 01	HOWARD DORIS	Assistance for structural design	73-75
	TOTAL	FRIGG	CDP 01	HOWARD DORIS	Complete structural design	74-76
	CHEVRON	NINIAN	central	HOWARD DORIS	Assistance for structural design	76-78
(CAMPENON BERNARD)	PETROBRAS	UBARANA	PUB 2	MENDES JUNIOR CAMPENON BERNARD	- concept and design - structural design - technical coordination - tugging and installation design	75-77
	PETROBRAS	UBARANA	PUB 3			
	PETROBRAS	AGULHA	PAG 2			
GENERAL CONTRACTOR	PHILLIPS PETROLEUM	EKOFISK	réservoir	CG DORIS	Construction of the upper deck (precast and prestressed)	
(CAMPENON BERNARD)	PETROBRAS	UBARANA	PUB 2	MENDES JUNIOR CAMPENON BERNARD	Construction, tugging and installations of the three platforms.	
	PETROBRAS	UBARANA	PUB 3			
	PETROBRAS	AGULHA	PAG 2			
PRESTRESSING AND SPECIAL HANDLING	PHILLIPS PETROLEUM	EKOFISK	réservoir	CG DORIS	Turn key prestressing subcontract	
(FREYSSINET INTERNATIONAL)	TOTAL	FRIGG	MCP 01	HOWARD DORIS		
	TOTAL	FRIGG	CDP 01	HOWARD DORIS		
	MOBIL	BERYL	A	NORVEGIAN CONTRACTORS		
	SHELL	BRENT	A	NORVEGIAN CONTRACTORS		
	CHEVRON	NINIAN	central	HOWARD DORIS		
	ELF/NORGE	FRIGG	TCP 01	NORVEGIAN CONTRACTORS		
	SHELL/ESSO	DUNLIN	ANDOC	ANDOC		
	PETROBRAS	UBARANA	PUB 2	MENDES JUNIOR CAMPENON BERNARD		
	PETROBRAS	UBARANA	PUB 3			
	PETROBRAS	AGULHA	PAG 2			

コンサルタント：DET NORSKE VERITAS（structure）

NOBLE DENTON（towing）

Les ABEILLES INTERNATIONAL（towing）

設置基数：3基

認可年月：1975年1月

着　　工：1975年4月

延 日 数：1,184日

完成年月：1978年6月

工　　費：45,000,000 US$（1973）

建造会社：MENDES JUNIOR（BRAZIL）：67％

CAMPENON BERNARD　　：33％

設置水深：15m

設計波高：Hmax＝15m　T＝13 sec

（発生確率　100年）

設計規準：DnV RULES 1974

FRENCH REGULATIONS FOR CONCRETE STRUCTURE

プラットフォーム寸法：53m×46m×25.7m（高さ）

コンクリート容量：11,000m³／基

鉄 筋 量：1,600t／基

ＰＣ鋼材：　272t／基

② 事業概要

UBARANA油田に設置されたプラットフォームは，さく井，石油生産，貯油，原油処理の機能を有している。

石油掘削および貯油用のプラットフォームは，3基建造された。寸法は，長さ53m，幅46m，高さ25.7mのケーソンとなっている。

各々のケーソンは，底版，多数の隔壁，中間フロアーを有している。中間フロアーは，サービスフロアーとして機能し，その上は，ケーソン全体を頂版として覆っている。(図-4.2)

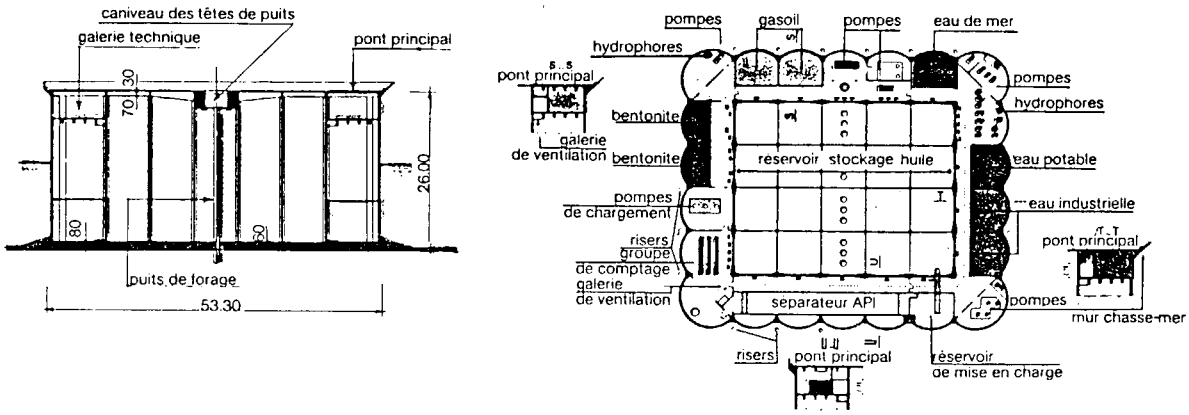


図4.2　ケーソンの構造

各々のケーソンのプレストレスは，フレシネー工法に基づいて設計された。中央部のセルは，2万m³の石油が貯油できる。(図-4.3)

プラットフォームは，SALVADOR湾のドライドックで建造され，全体の装置を取付け，1,300km離れた

設置地点まで曳航された。ケーソン曳き出し時のドック水深は5m，ケーソン吃水は4.6mで，曳航総馬力は24,000PSである。また，全装備した曳航時のプラットフォーム重量は，30,200 tonである。

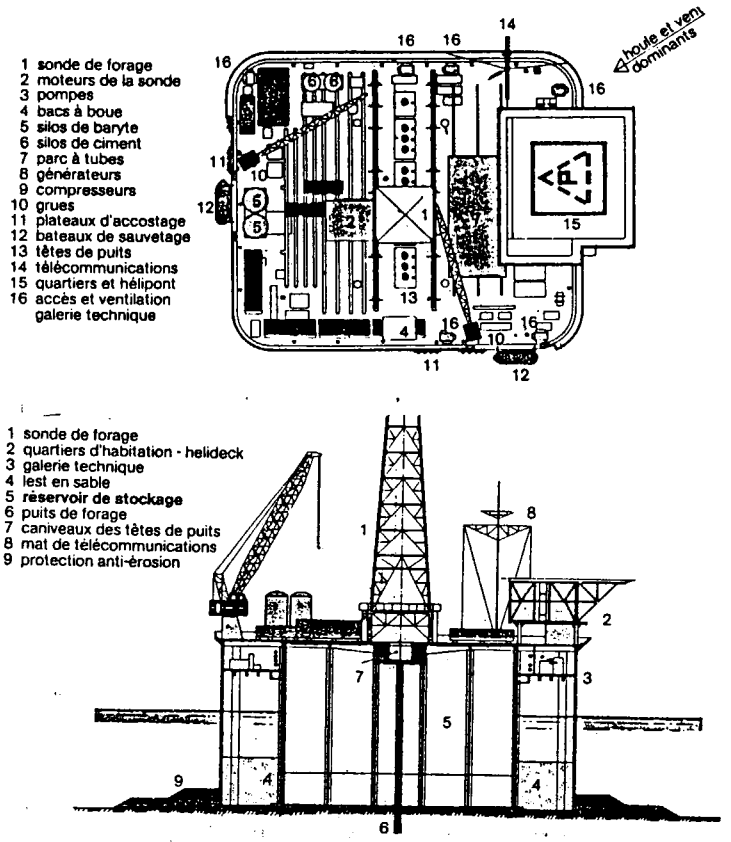


図4.3　プラットフォーム諸設備

図4.4　ウバラナ油田位置図

2)　デザイン例

①　Momopod

水深90m～100mを対象にしたもので，貯油設備をもたない比較的小さな掘削設備用である。未建造

②　Multi-pod

水深120～150mを対象にしたもので，貯油設備を有し，4 columnsから成る。デッキサイズは70m×70mである。未建造

③　Platform for 64m of water depth（チュニジア向）

水深64mのチュニジア向けに開発され，デッキ，コラムはsteelのハイグリッド構造となっている。コラム共にconstruction siteから完成状態で運ぶことが出来るのが特長である。未建造

④ Concrete gravity platform for Brazil

アマゾンのセアラ州向けに開発され水深は－30である。貯蔵可能であり，特長は，完成段階で曳航出来る。未建造

⑤ Oil storage 用ヤグラ

貯蔵専用のヤグラで，貯油量100万バレル可能である。水と油を入替えることにより払出し，受入れを行う。

⑥ Oil strage（float type）

貯油量100万バレルの浮遊式 storage

⑦ その他

Concrete barge…掘削補助用

東南アジア，ニュージーランド向けの実績がある。

Mud supported jack-up rig…コンクリート製のリグで Brown & Roats と協同開発をした。

4-6 感想

CAMPENON BERNARD のoffshore structnre に関する実績は表4.1に示す通りであるが，その大部分は設計に関するもので，建設は UBARANA 鉱区，AGULHA鉱区の浅海域プラットフォームがある。北海向けは，グループ会社の１つである FREYSSINET INTERNATIONAL が，プレストレスに関して大きく関与していると思われる。全体として言えば，offshore に関しては設計部門を得意とし実績を挙げて来たと感じた。

また，未建造のデザイン例を見ると水深100ｍ以下が多く，浅海域用のものを多く手がけて来た会社であると思われる。

4-7 入手資料

1．LES PLATES-FORMES OFFSHORE PETROBRAS（UBARANA-BRASIL）

2．Oil-storage offshore platforms for Petrobras

3．Offshore references of CAMPENON BERNARD GROUP

4．建設事例のパンフレット

5. C. G. Doris

58 A，rue de Dessous des Berges

75013 PARIS，FRANCE

5-1 訪問日時

1984年９月18日　9.00～14.00

5-2 面 談 者

Mr. C. M. Bender（Chair & Managing Director）

Mr. R. Thomazeau（External Relations Manager）

Dr. L. C. Zaleski（Scientific Manager）

Mr. L. Ponsart

Mr. T. L. Huynh

Mr. W. L. Hudson

5-3 経　　過

同社会議室において，スライドおよび OHP を使って，会社概要，コンクリート構造物についてのこれまでの実績，新しい概念のコンクリート構造物，等々についての説明があり，Ninian Central Platform の記録映画を上映してくれた。また，こちらから持って行った Super CIDS と KULLUK の記録映画を上映したところ，大変興味を持った。

5-4 会社概要

アルジェリアからフランスまでの海底パイプラインを計画するために作られた会社であり，現在はパイプラインだけでなく，北海を中心とした海底油田開発のあらゆるOffshore構造物についての設計から施工まで行う総合Engineering会社である。Offshore構造物はコンクリート製だけでなく，鋼製，ハイブリッド構造等にも積極的に取り組んでいる。

1981年には，同じフランスのSea Tank Co.社を吸収合併したので，数多くのコンクリート製プラットホームの実績を持っている（表5.1参照）。

組織上では，エンジニアリング部門の他に，海上作業部門を持ち，海象気象調査，パイプライン，潜水業務，マリンサービス等の業務を行っている。

また，海外には数多くの提携会社を持ち，全世界にその活動範囲を広げようとしており，日本では鹿島建設と提携している。

5-5 内　容

(1) 現在までの実績

同社は1973年に，世界最初のコンクリート製プラットホーム（Ekofisk Center）を北海に設置し，それ以後も数多くのコンクリート製構造物を設計，施工している。表5.1はその一覧である。

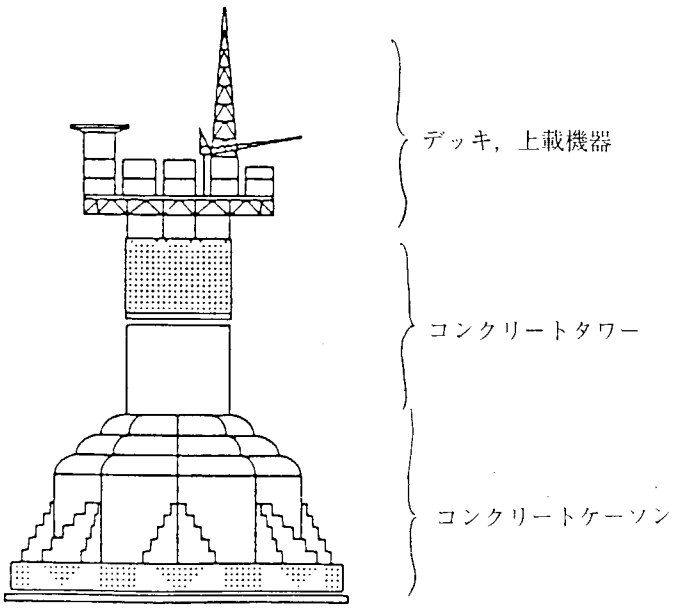


図5.1　Ninian Central Platform

(2) Ninian Central Platformについて

Ninian Central Platformは1978年に水深400 ft（136 m）のところに設置された掘削，生産用のプラットホームである。これはC. G. Doris社がTurnkeyでChevron社から受注したもので，建造は英国の子会社Howard–Doris社（英国のJohn Howard社とC. G. Doris社の50：50の出資会社）がScotlandのKishornで行った。

このプラットホームは，コンクリート製ケーソン，コンクリート製タワー，およびスチールデッキと上載機器からなり，完成後の総重量は601,000t（バラストを含む）にもなる大型構造物である（図5.1参照）。

コンクリート製タワー部は二重の円筒壁構造になっており，外側の円筒壁の水際線付近には全周にわたって穴があいている。また，コンクリート製ケーソン部の下部外周にも同様の穴あき壁が設置されている。下部の穴は潮流による洗掘を防止するためのものでAnti–scour Wallと呼んでいる。一方，上部の水際線付近の穴は波力を減じるためのものである。波力減少効果は穴の大きさ，ピッチ，波長などの影響を受けて異なるが，実験による検証結果によると，このプラットホームの場合は35％波力を減少させることができた。なお，穴の大きさは，PCケーブルのアンカー設置や緊張作業のために，当初考えていたものより大きくしている。これらの穴は浮力を最大限に利用するために，ドライドックからの引き出し時，現地への曳航時にはふたを取り付けている。

コンクリート製ケーソン部の底には長さ4mのスカートがついている。スカートは地盤に貫入させるために薄くする必要があったため，コンクリートではなくスチールで製作されている。ドライドックから引き出す時にはスカートの部分にも空気を入れて浮力を最大限に利用している。

上部のスチールデッキはコンクリートの二重円筒により支持されており，デッキにかかる水平方向の力は内側の円筒で支持する様に，鉛直方向の力は内側だけでなく外側の円筒でも支持する様に設計されている。すなわち，内側円筒部とは鉛直PC鋼棒で結合されており，外側円筒部とはPillarで支持されているだけである。

プラットホームの製作は3段階に分けて行なわれている。すなわち，ドライドック内でのケーソン下部の製作，ウェットドックでの上部コンクリートの打ち継ぎ，およびデッキとモジュールの搭載である。

ドライドック内ではできるかぎりのコンクリート打設を行い，浮力を最大限に利用して引き出している。ウェットドックは水深約140mで，1本当り約200tの設計係留力を持つ3本のアンカーラインで係留して作業している。このウェットドックは静穏な海域（Protected Areaと呼んでいた）であり，荒天のことはあまり考慮していない様である。

コンクリート打設は一部をプレキャスト化して効率を上げており，ケーソン上端のドーム部，穴あき壁（Perforated Wall）がプレキャスト部材となっている。

スチールデッキは別途製作しておき，コンクリート打設完了後に海上でMatingをする。デッキ製作中にもコンクリート打設中の実寸法を計測しているので，Matingについてはあまり問題ない（許容誤差は10～15mmと言っていた）様である。海上でのMating作業は約24時間で完了し，その後，18個のモジュールのHooking upを約5ケ月で行っている。

(3) その他

同社ではこれからのコンクリートプラットホームを，ドライドック内でほとんど製作し，ウェットドックでの作業をなしにする方向で検討している（第2世代と呼んでいた）。このため，浮力タンクの利用（図5.2参照）やケーソン部の軽量化などの検討を進めている。

さらに，大水深用のプラットホームとしてDWGT（Deep Water Gravity Tower，図5.3参照）やコンクリート製セミサブ（図5.4参照）等も検討している。DWGTは水深350～900mまで適用できるもので，次の様な特徴を持っている。

① コンクリートとスチールの複合構造であり，基礎が小さく経済的である。

② 30,000tのデッキ荷重が可能である。

③ 傾斜が非常に小さく，固定式のものと性能は変わらない。

④ Wellheadをデッキ上に設置することができる。

同社は【重力式＝コンクリート製】という固定観念はもっておらず，現地にあわせて重力式か杭式かの構造方式を選定し，その後に最も適した設計および材料をコンクリート，スチール，あるいは両者の複合材料の中から選ぶという考え方をしている。従って，いくつかのハイブリッド構造の概念設計を行っており，前記のDWGTもそのうちのひとつである。

新コンクリートの開発については，超高強度のもの超軽量のものの2つの方向を目指しており，超高強度のものでは，普通コンクリートで120MPaのものをデンマークと共同で研究しており，実験室では250MPaのものもあると言っていた。また，超軽量のものではレジンコンクリートで比重1.0以下，強度30MPaのものを開発している。ただし，コストが高いこと弾性係数が小さいことが難点であると言っていた。

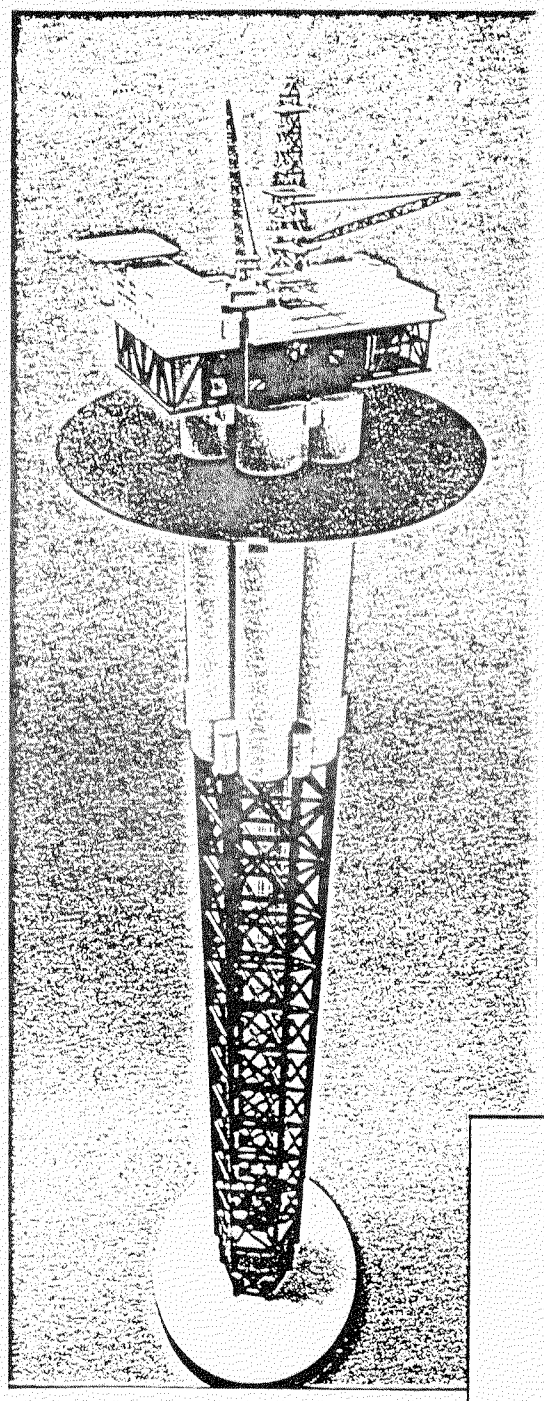


図5.3　Deep Water Gravity Tower

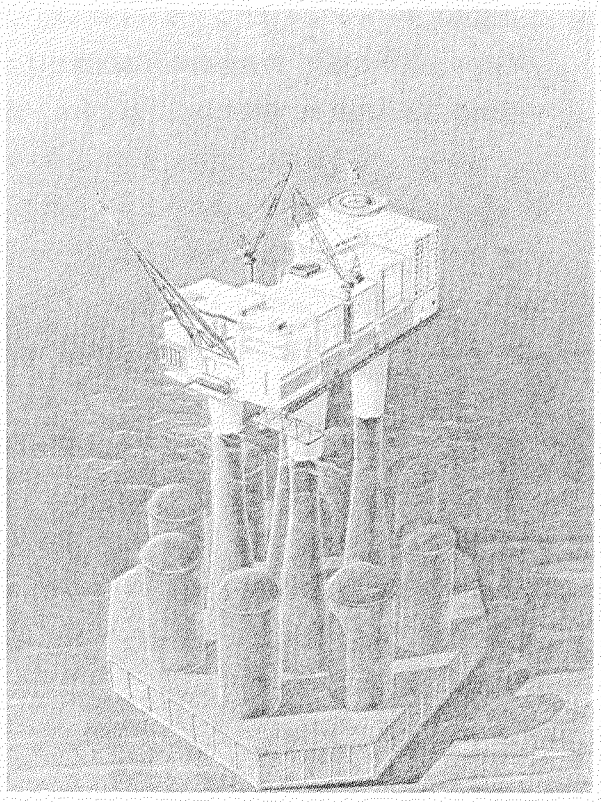


図5.2

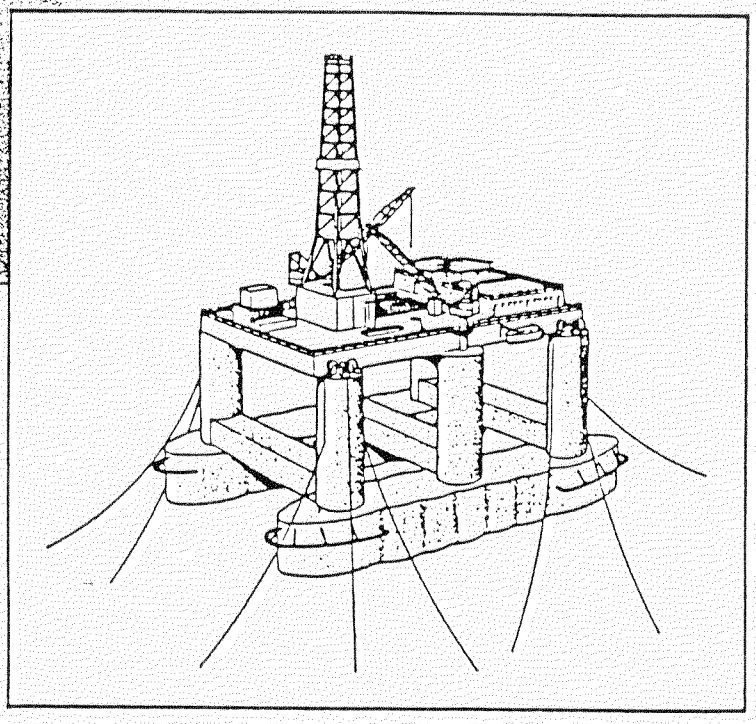


図5.4　コンクリート製セミサブ

5-6 感　想

同社は大変活動的で積極的な会社であり，その技術力も高いとの印象をうけた。北海において初めてのコンクリートプラットホームを建造したこと，また，唯一のコンクリート製ローディングタワーを建造したこと，など積極的にコンクリートを利用するだけでなく，スチール製のものも数多く手がけており，ポテンシャルの高さが感じられる。

5-7 入手資料

1．QUALIFICATIONS & REFERENCES

2．C. G. DORIS, EXERCICE, 1983

3．C. G. DORIS

表 5.1 コンクリートプラットホーム一覧 (C. G. Doris)

Name of Platform	EKOFISK CENTER	CDP 1	CORMORANT A	MCP 01	TP 1	NINIAN CENTRAL	BRENT C	Platform A	Platform B	Articulated Loading Tower
Name of Field	EKOFISK	FRIGG	CORMORANT	FRIGG	FRIGG	NINIAN	BRENT	SCHWEDEN-ECK SEE	SCHWEDEN-ECK SEE	MAUREEN
Main Function	Storage Treatment	Drilling	Drilling Production Storage	Maniforld Compression	Treatment Production	Drilling Production		Drilling Production	Drilling Production	Loading
Client	PHILLIPS	ELF-NORGE	SHELL (U. K.)	TOTAL OIL MARINE	ELF-NORGE	CHEVRON (U. K.)		DEUTSCHE TEXACO	DEUTSCHE TEXACO	
Water Depth	71 m	99 m	150 m	96 m	104 m	136 m	140 m	25 m	16 m	95 m
Volume of Concrete	75,000 m^3	53,000 m^3	136,000 m^3	53,000 m^3	64,000 m^3	142,000 m^3	112,000 m^3	3,620 m^3	3,060 m^3	Colume950 m^3 Basel,250 m^3
Storage Capacity	bbls 1,000,000		bbls 1,000,000				600,000 bbls			
Deck Load	40,000 t	13,000 t		22,000 t		30,000 t		3,000 t	3,000 t	400 t
Steel Deck Size	8,100 m^2		80 m × 70 m		90 m × 22 m	4,350 m^2	85 m × 50 m	24 m × 29 m	24 m × 29 m	
Steel Deck Weight			4,600 t		2,000 t		6,400 t (Steel legs included)			
Total Load on Deck			20,500 t		11,000 t		18,000 t			
Concrete Deck		4,000 m^2		4,000 m^2						
Pay-load at tow-out		10,000 t		11,000 t		24,000 t				
No. of Risers				4 × φ 32″				5	5	
No. of Wells		24 × φ 26″	36			42 × φ 30″	40	12	12	
Ordered	May 1971	Oct. 1973		Jan. 1975		Nov. 1974				March 1979
Installed on Site	June 1973	Sep. 1975	May 1976	June 1976	June 1976	May 1978	June 1978	Aug. 1983	Aug. 1983	July 1982
Remarks			Sea Tank co.		Sea Tank co.		Sea Tank co.			85,000 t Tanker

6. Det norske Veritas

P. O. Box 300, N−1322 Høvik, Oslo. Norway

6-1 訪問日時

昭和59年9月19日(水)

6-2 面談者

Dr. E. M. Q. Røren, Executive vice president

Mr. E. Olbjørn, Vice president

Mr. E. Horn, Senior Principal Surveyor

Mr. Ø. Løset, Principal surveyor

Mr. B. Carlin, Prfncipal surveyor

Mr. B. Rønning, Senior surveyor

Mr. K. Arnesen, Senior surveyor

Mr. O. Skalmerås, Surveyor

6-3 経　過

Dr. Røren による歓迎の挨拶の後，各担当者より，DnV の概要，concrete 構造物，設計標準，検査，補守といったテーマ別の説明を受けた。調査団側からは，持参した日本鋼管の記録映画「Super CIDS」を上映して，DnV の Presentation に謝した。映画上映中の時間を利用して，団員は，実験室の見学をさせてもらった。

6-4 内容

1) DnV の概要

船舶の Classification 業務を旨として1864年に設立された。現従業員数は3,200人である。その内訳は

Norway	520人
North east Europe	300人
Western Europe	350人
North and South America	220人
Far east	210人
Other	Balance

となっている。全体組織を図6.1に示す。

Offshore 関連業務は1960年代末に Epofish oil field とのかかわりで開始した。Dr. Røren の率いる "Industry and Offshore." の部は現在200人の人間をかかえている。部の組織を図6.2に示す。

世界各地での project への関与年代は

North sea	1970,	India	1978
Australia	1974,	Middle east	1978
Indonesia	1976,	Mexico	1980
Brazil	1977,		

である。

日本各社による concept はこれ迄に約10件を見，Viability, Safety, Quality の観点からの pre−certification 業務を行っている。

2) Offshore concrete structures

Ekofisk, Frigg, Statfjord, Brent, Cormorant, Brazil, の offshore concrete structures をみた。

Offshore concrete structure の長所は，North sea 対象では，

• Payload 大きい

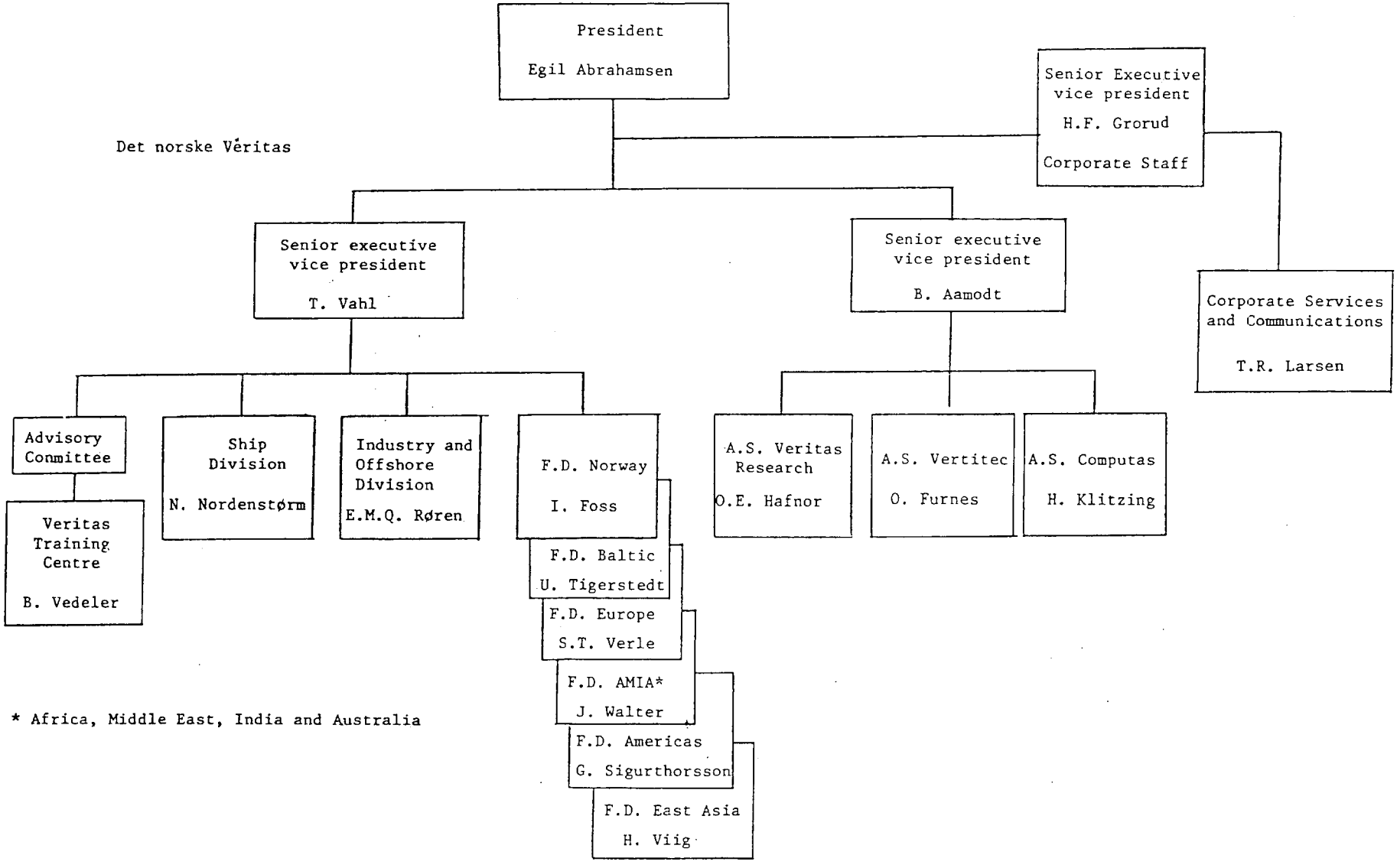

Det norske Veritas
President
Egil Abrahamsen
Senior Executive vice president
H.F. Grorud
Corporate Staff
Senior executive vice president
T. Vahl
Senior executive vice president
B. Aamodt
Corporate Services and Communications
T.R. Larsen
Advisory Committee
Veritas Training Centre
B. Vedeler
Ship Division
N. Nordenstørm
Industry and Offshore Division
E.M.Q. Røren
F.D. Norway
I. Foss
F.D. Baltic
U. Tigerstedt
F.D. Europe
S.T. Verle
F.D. AMIA*
J. Walter
F.D. Americas
G. Sigurthorsson
F.D. East Asia
H. Viig
A.S. Veritas Research
O.E. Hafnor
A.S. Vertitec
O. Furnes
A.S. Computas
H. Klitzing
* Africa, Middle East, India and Australia

図 6.1　Dn V 組織図

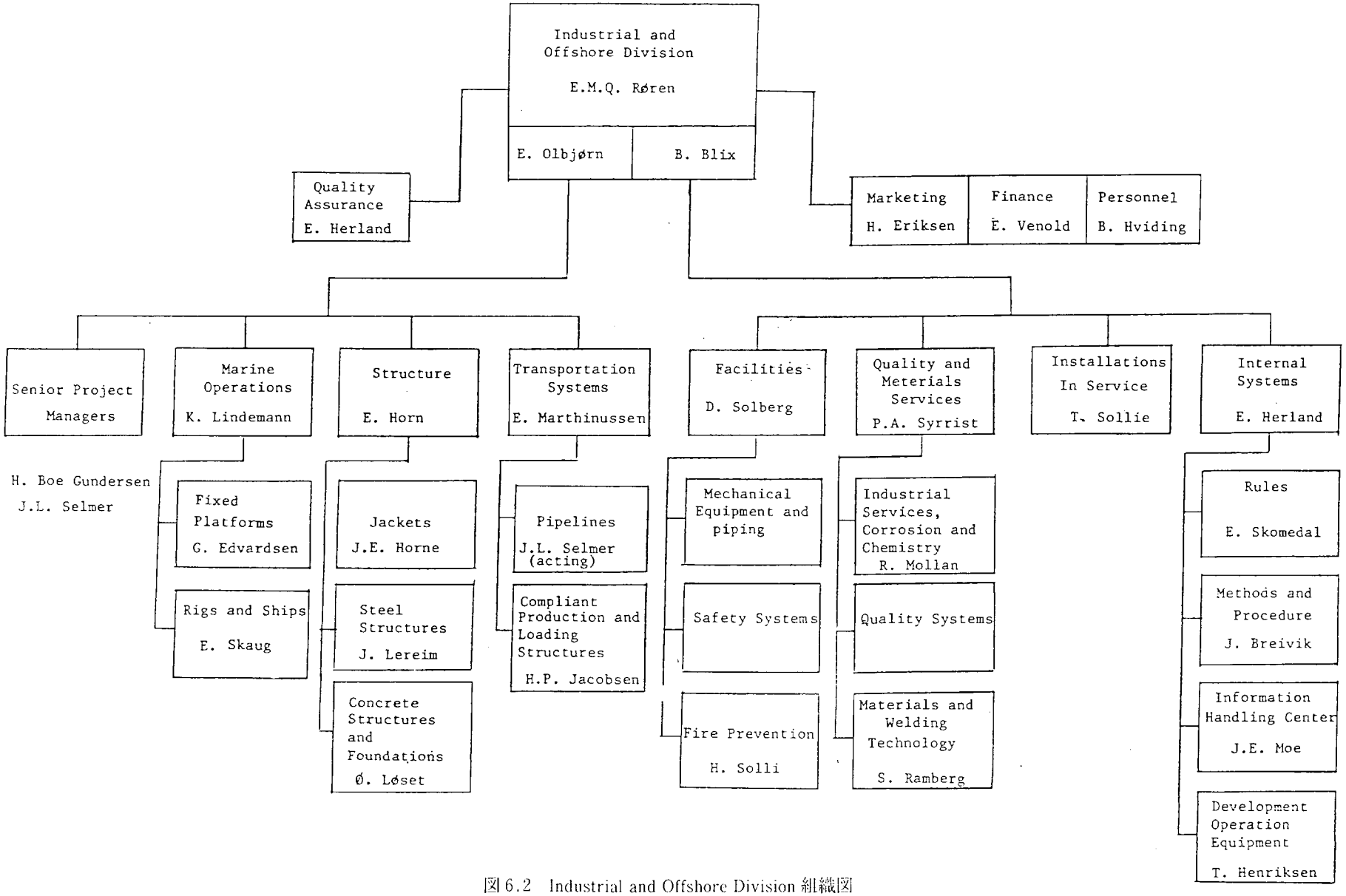


図 6.2　Industrial and Offshore Division 組織図

• Oil storage に適している

• Inshore での deck mating が可能

• Maintenance 不要

• Unskilled labour にて建造可能

• 耐火性が良い

といった点があり，短所といえば

• 値段が高い

• 建造期間が長い

• damage stability が悪い

といった点である。

Statfjord B の cost の内訳は，

Concrete platform	8.5%
Mechanical equipment	6
Deck & Hook-up	19
Module equipment	30
Loading system	3
Engineering	13
Sundry	20.5
Total	100%

となって居り，一般的には，

Sub structure	10%
Topside	60
Engineering	10
Other	20
Total	100%

と言われている。即ち，Concrete structure が高いと言っても，全体に占める割合が8.5～10%と低いので，あまり問題にならない。

Concrete に関する研究は，Ductility, Fatigue, Material について行っている。High strength concrete については 1,000kg/cm²強度のものを検討中。

Light weight concrete は骨材について未だ検討の余地が相当あると考えている。深海での高在下でのコンクリートの挙動についても研究が必要と考えている。

3) Design load

Ice load についての研究報告「Marine structures and ships in ice (1978, 1981)」を売っている。

又，「Guidelines for the design, constsuction and inspection of offshore structures in Arctic and ice- infested waters」というものの draft は出来ているが，発行は来年になるであろう。

dynamic ice load は fatigue に関係して来るが，あまり研究していない。data はあるが，その取り扱い方に問題があり，波浪についての統計的手法と同じ様な取扱い方が出来るのではないか，と考えているが，当面は Conservative に対処して行く積りである。

Marine growth は構造物の直径の増大，表面粗度の増大，の効果があるため，hydrodynamic load を増加させるが，order 的には大した事はない（concrete 構造物の場合）。しかし，visual inspection を難かしくするという悪影響がある。

4) Concrete disign

- 外壁厚さは iceload, waveload, supportvesselとの衝突を考慮して決める。
- Concrete の水分の凍結，融解による損傷の問題は北海では生じていない。
- Membrane stress を compression として design する為 fatigue は問題にならない。実機でも疲労破壊は経験していない。
- Membrane stress が compression としてある為，leakage は起らない。
- Crack size は0.3mm以下としているが，これ迄の研究結果によると，多少 Conservative すぎると考えられる（鉄筋の防錆の意味から）。
- Concrete 構造物表面に鋼質部材を埋め込み，これを内部鉄筋に anchor してある様な場合，この鋼質部材の cathodic protection に使う anode の disign には鉄筋の一部も考慮に入れる必要がある。
- 大型 concrete 構造物の installation では caisson bottom が海底に近づくと caisson botton の大面積が排除する水の pass（全周）が小さくなり，底面内水圧が増え，構造物は位置的不安定現象を起し，設置すべき箇所への正確な spotting が非常に難かしくなる。或る platform の例では，この現象の為，正規位置から80m も横ずれし，苦労して40m迄引き戻したが，正規位置に設置することは出来なかった。
- Brent B の Condeep structure で実機について Column bottom 部の応力計測を行った。
  実測応力は設計値より多少低めであった。
- Concrete 製 storage tank は LNG タンクに向いていると思う。特に light weight concrete は熱伝導率が低いという点からも，secondary barrier としてのみならず，primary barrier にも使えるのではないかと思う。
- 低温環境で使用する concrete 用の鉄筋についての材質的規則はないが，普通の鉄筋材料で－100℃迄は使えると考えている。従って，北海用でも北極海用でも，通常の鉄筋材料でよい。
- One compartment flooding での damaged stability の検討が必要である。検討条件は，曳航期間中での他船との衝突という事だから，附近航行中の船舶も限られたものとなり，あまりきびしいものとはならない。
  One column の構造物では damage を受けると damaged stability は駄目になるが，浸水の pumping out system の大型化で対処出来る。

5) Foundation

- Structure の設置場所の土質調査が非常に重要である。中国の offshore についてのデータは非常に限られているので，中国向 structure の場合は extensive な海底地質調査が必要である。
- bottom caisson 付の skirt による structure の海底への設置を考える場合，土じょうの滑動安定性に注意する必要があり，又 skirt まわりでの洗掘に注意する必要がある。海底反力の均一化は grouting による。
- 実機での洗掘の経験は少い。
  洗掘防止には砂利が有効である。人工マッドは良くない。部分的な洗掘補修には sand bag が良い。
- 地盤沈下の予測の難かしい北海では 1 ～ 2 cm/年程度である。地盤沈下量の予測に関する研究が必要で，現在，これを進めている。

6) Survey & Maintenance

- DnV の見て来た海洋コンクリート構造物は殆んど問題を起して居らず，非常に優秀である。
  Condeep type で軽い洗掘を経験した事あり。
  Platform から誤って，パイプを落し Caisson top の dome に穴をあけた事故があった。この repair は diver が epoxy resin を詰めて補修した。
  この様な事故を考えると Caisson top には concrete の additional cover をつけておく方が良い。
- 稼働中の structure の monitoring は diver, TV によっている。instrumentation による monitoring は対象箇所が広すぎて現実的でない。

• North sea では Periodical survey は5年に1回としている。但し，荷重度の高い限られた極部については毎年見ることとしている。

Steel 構造物では fatigue の観点から peliodical survey は重要であるが，Concrete 構造物では fatigue が問題とならない Design (compression design) としている為，何等かの欠陥がない限り Maintenance は不要である。したがって，first period の inspection が OK であれば，その後の inspection は少くて良い。

7) その他

Hybrid 構造物についての Rule を作る予定はない。

Steel 構造物と，Concrete 構造物の Rule があれば対処出来るからである。

Sandwich (Composite) 構造物の Rule を作る予定もない。対象構造物が未だ出現していないからである。実体についての経験が出来て始めて Rule を作るのである。Concrete 構造物についても1970年には無かったが，その数年後に北海の経験をふまえて Rule を作った。

6-5 感　想

1960年代末に海洋コンクリート構造物についての Rule もなく，経験もない状況に於いて Ekofisk project に関与しこれをものにし，今や，中国へ，サハリンへと活動の場を広げるべく努力をしている DnV の aggressive な態度に深い感銘を受けた。我々も，日本近海，大平洋区域での海洋コンクリート構造物は我々の手で物にすべく，SR 197 では立派な基準を作ることとしたい。

6-6 入手資料

DnV が説明に使用した Slide, OHP の Xerox copy 約30枚。

7. STATOIL

Forus P. O. Box 300

N−4001 Stavanger, Norway

7-1 訪問日時

会社訪問：1984年9月20日　10：00〜11：30

現場見学：　同　上　15：30〜16：30

7-2 面 談 者

Mr. Jan G.Thoresen,

Procurement Manager, Procurement Department

7-3 経　過

同社会議室において，Mr. Thoresen よりスライド及びパンフレットを利用して，同社の概要，Gullfacs Project の現状，次期 Sleipner Project の計画，及び今後の石油生産システムのコンセプト等についての説明がなされた。

午後は，Stavanger から船をチャーターし，20分位で到着する Hinnavågen に行き Wetdock (Fjord) 内に係留建造中の GULLFAKS A を見学した。

また，この間，同じく Hinnavågen の岩壁で次期コンクリート構造物のコンセプトの1つである Condeep T 300 の実物大模型を使用した傾斜脚部のスリップフォーミングテストの現場も見学することが出来た。

7-4 会社概要

Statoil は100％政府出資の会社であり，ノルウェーの石油行政をリードする役割を果す組織である。また，ノルウェー領域の石油会社に関しても Statoil が10〜60％資本参加している。例えば Norske Hydro も60％の資本を所有している。

又，ノルウェーの石油鉱区に関しても，資本参加し，Statfjord の鉱区についても，下記のような構成となっており，Statoil のノルウェー内の石油工業に関する指導力の強さを物語っている。

Statoil	42.0%
Mobil Exploration Norway Inc. (Operator)	12.6%
Norske Shell	8.4%
Esso Exploration and Production Norway	8.4%
Conoco Norway Inc.	8.4%

以下８社

Statoil の国との関係は，下の組織図に示される通りである。

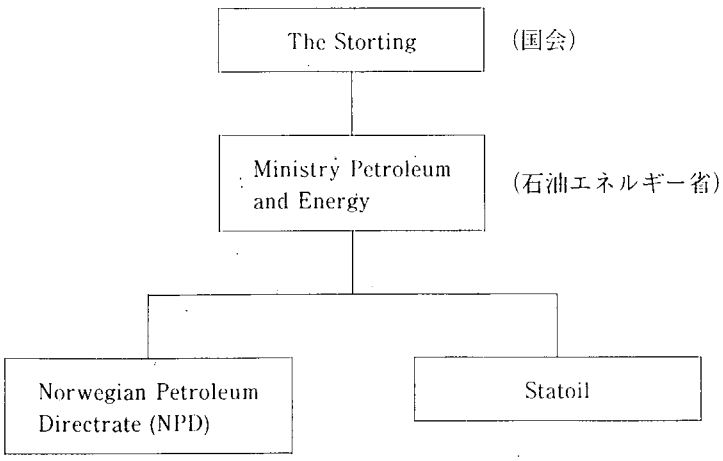


図 7.1　Statoil の政府との関係図

又，Statoil は，1972年に２人でスタートし，83年現在2,229人と急成長した会社でもある。

Statoil のコンクリート構造物との関連は，Statfjord A, B, C に関しては筆頭 Owner であり，その後の Gullfacs A, B（87，88年完成予定）に関しても同様な立場にあり，またその後のプロジェクト Sleipner についてもイニシアチブを取って計画を開始している。ここでは，Statfjordに関しては，次節 Mobil Norway の項にゆずるものとし，主に GULLFAKS 及び今後の Concept に関して述べるものとする。

7-5　内容

(1)　GULLFAKS field

1)　GULLFAKS field 計画

GULLFAKS fieldの計画は Phase Ⅰ と Phase Ⅱ に分かれており各々の計画は下記の通りである。

Phase Ⅰ……2 production platforms (GULLFAKS A and B)

8 subsea production well

1 gas pipeline to Statfjord

2 loading buoys for crude oil

Phase Ⅱ……1 production platform (GULLFAKS C)

Phase Ⅱ については現状では政府の許可がおりていない。英国政府が将来ノルウェーから LNG を買うことになれば，Phase Ⅱ をやめて Sleipner field に platform を建設し，英国まで天然ガスを敷くという計画がある。

2)　GULLFAKS A, B の基本仕様と特徴

基本仕様は下記の通りである。

	GULLFAKS A	GULLFAKS B
オペレーター	Statoil	同左
設置位置	Norwegian Block	同左

構造形式	PDQ Condeep Concrete	同左
	4/24 T Deck	3/19 T Deck
水深	135m	――
原油生産力	245,000バレル/日	150,000バレル/日
ガス生産能力	3,500,000m³/日	――
貯油能力	1,600,000バレル	――
井戸数	42井	――
居住人員	330人	――

GULLFAKSの構造的特色は，T型DECKであり，下図のような様式を持つ。

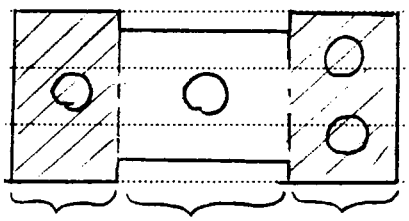


図7.2　GULLFAKSのT型構造

特徴としては，コラムをT型に配置し，2本の上に比較的重いdrilling compartmentを集め，中央部にproduction，反対側にaccommodationを配置している。この結果，居住区は，最も危険度の高い掘削部から距離的にはなれるというメリットがある。

3)　GULLFAKS A, Bの建造工程

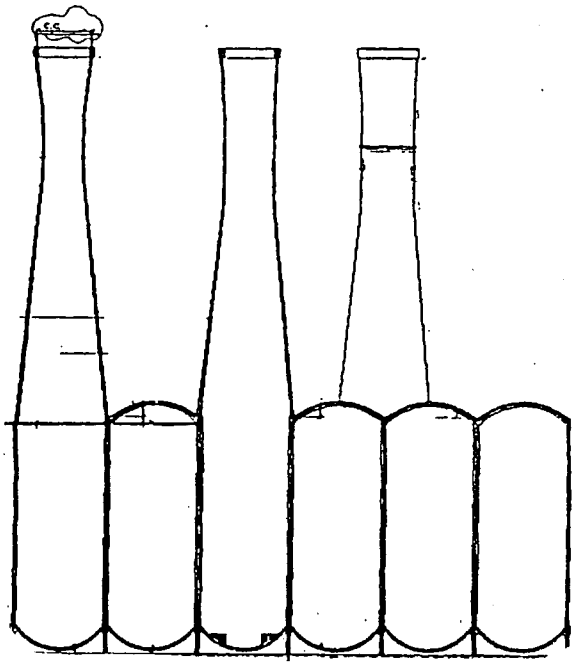
このプロジェクトの概略工程は以下の通りである。

	GULLFAKS A	GULLFAKS B
建造開始	1983	1984
Tow out据付	1986	1987
生産開始	1987	1988

建造時の人員はGullfacs Aで，Max. 850～900人，Statoilだけで140人位費した。Bでは最高で600人程度，Statoilからは40人位である。

(2)　GULLFAKS建造現場見学

GULLFAKS AはStavangerの中心部から南へ約4kmの所にあるHinnavågen (Gandafjordenのほぼ中心部)に係留建造中であった。このあたりは，水深は160m位であり，現在は図7.3に示す概略図のタンクパート（sea bedから62.4m迄の部分で24のセルからなる）が，ほぼ完成しようとしている所であった。ドラフトマークの読みでは水線が約50mの所をさしており，コラムのスリップ・フォーミングは未だ開始されていなかった。



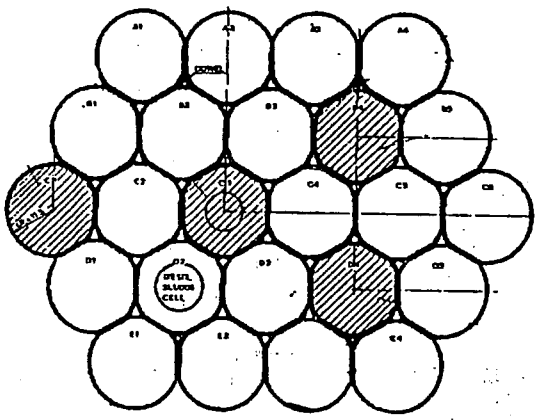


図 7.3　GULLFAKS A の概略形状図

GULLFAKS A の建造状況を Photo 1, 2, 3 に示す。

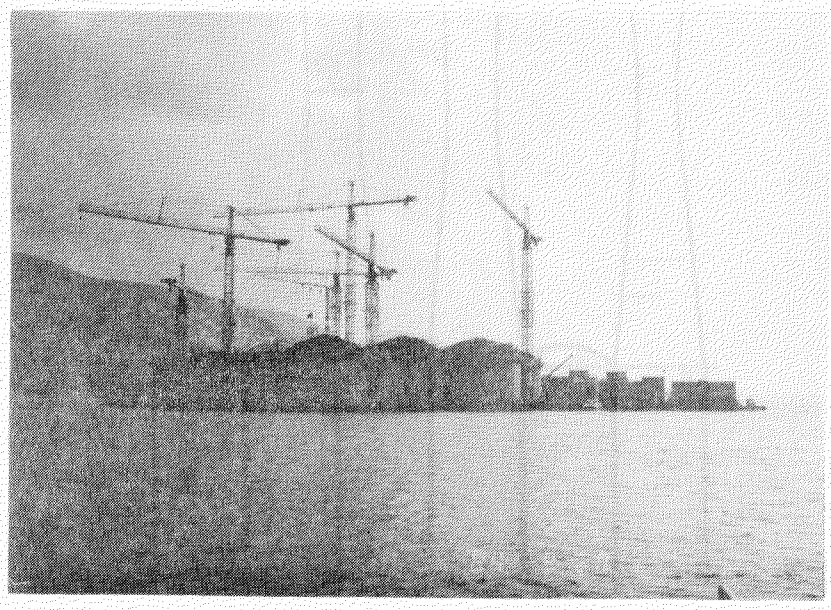


Photo 1　Hinnavågen で建造中の GULLFAKS A 全景
（波静かな海面も Fjord の海象を象徴している）。

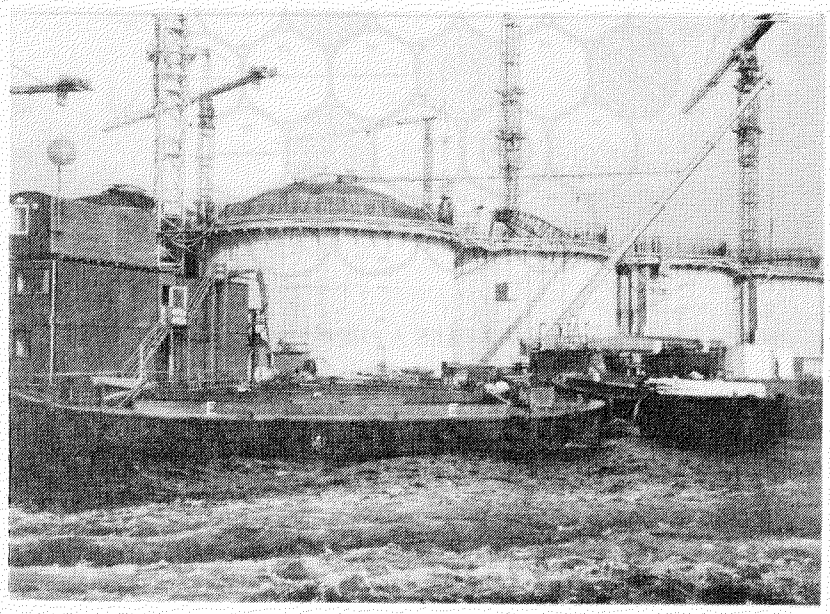


Photo 2　タンクトップの建造風景。バージは資材用と
アコモデーション用が見られる。

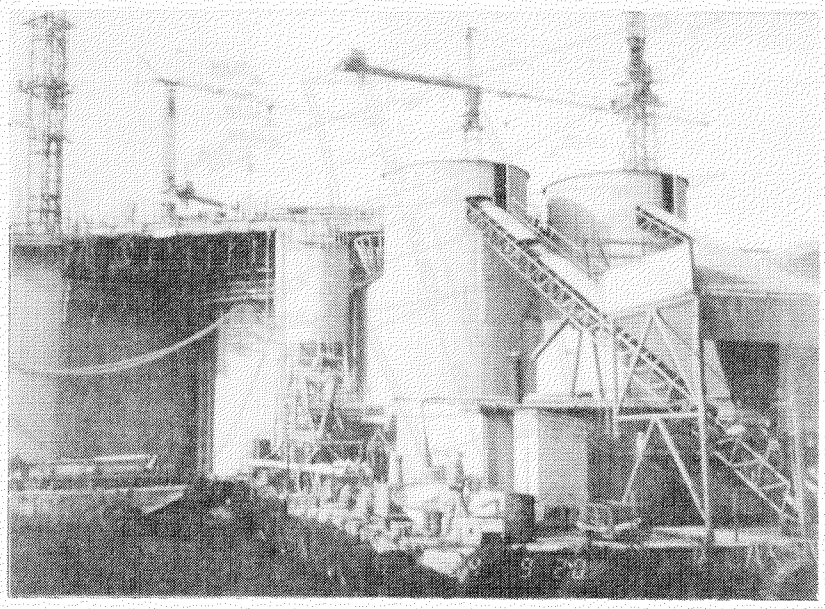


Photo 3　バージ上に積まれたバッチャプラント

1)　建造設備

Wet Dock に引き出された GULLFAKS A を支援する建造設備は極めて質素であり下記のようなものであった。

a)　ハンマーヘッドクライミングクレーン　　7基

b)　バッチャプラント　　2系列

c)　バージ　　30隻位　ユニットに横付け

用途は，資材（鉄筋等）運搬用，発電機用，サイロ用，アコモデーション（ワーカー用プレファブ宿舎）

なお，係留をどのような装置で行なっているかに関しては，3本の係留索とアンカーで留めているという説明以上の情報は得られなかった。

2)　海象状況

Fjord 内の波浪は，小舟が立てる波以外はほとんど大きな波はなかった。

(注)　GULLFAKS A の建造現場見学は，Formal には断わられ，調査団が独自に船をチャーターし，現場周辺をまわって調査したものである。従って施工法，その他に関し関係者から直接話を聞く機会は与えられなかった。

(3)　Tripod Tower の脚製造テスト

300m以上の水深をめざした生産プラットフォームの様式の一つである Tripod Tower (Condeep design) の傾斜部の施工技術を確証するためのテストが Hinnavågen で行なわれており，これを見ることが出来た。

内容は図7.4に示すような高さ50m，傾斜角16°で断面形状を変化させ，かつコンクリートの厚みが700mm～1,000mmと変化する実物大モデルを，図7.5に示すような建造設備を利用して実際にスリップフォーミングで製作する実験である。

この実験の結果は，発表された情報によれば，C 65 のコンクリート強度を得ることが出来，形状，品質の両面から異形断面を持つ，巨大なそして傾斜したコンクリート構造物をスリップフォーミングで，施工し得ることを証明した。

実験の風景とモデルの写真を Photo 4 に示す。

(4)　その他

1)　Topside module の台

Moss Rosenberg の造船所には，生産プラットフォームの主要な部分を占めるトップサイドモジュールを建

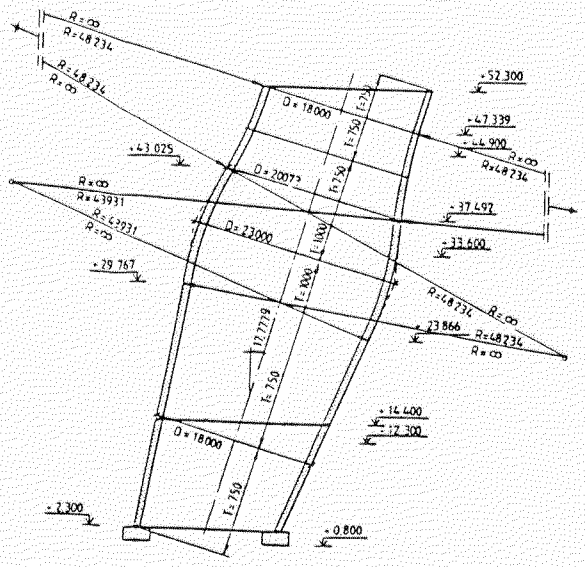


図7.4　傾斜脚部のテストモデル

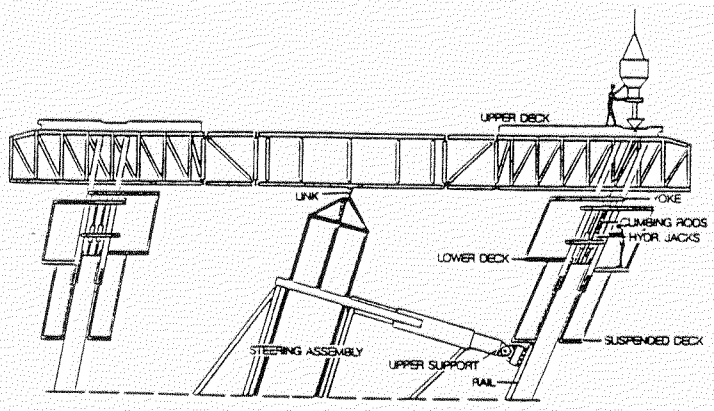


図7.5　テストに使用したストリップフォーミング用設備

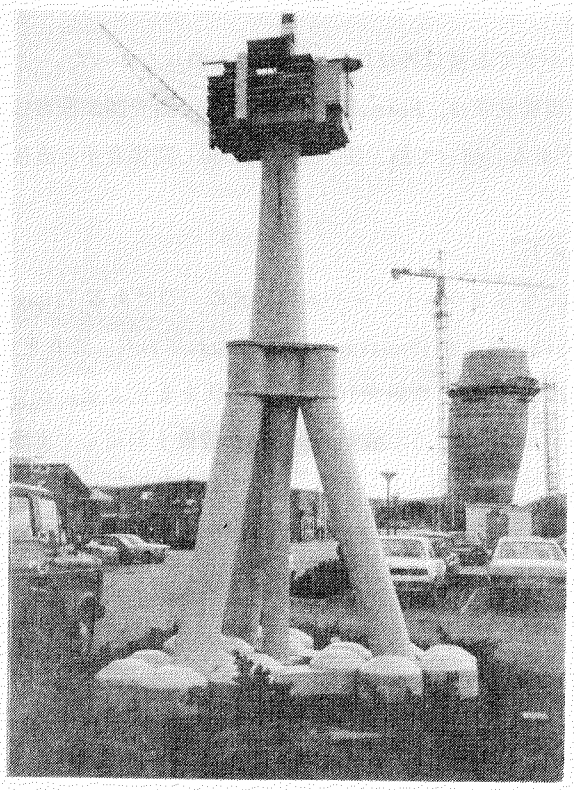


Photo 4　Condeep T 300 の模型と脚部の実験モデル

造するコラムの台が設けられていた。トップサイドモジュールはここで建造され，バージで曳航されて，あらかじめ作られた下部コンクリート部と波静かなフィヨルドでMatingされることとなる。

コラムの台の写真をPhoto 5に示す。

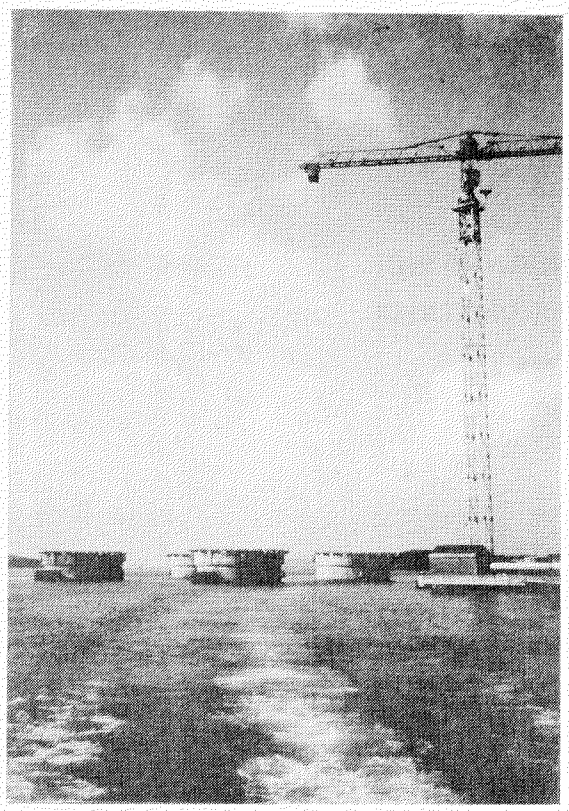


Photo 5　Topside Module建造台（Moss Rosenberg）

2）　次期生産プラットフォームについて

Sleipnerは，水深200mを対象とするが，今後水深はなお深くなる可能性がある。こんな中で，今後の生産プラットフォームとして検討している形式は，

i）　CondeepのTripod tower type

ii）　C. G. Dorisの4 buoyancy column, 4 cylindar type

iii）　TLP

等がある。

7-6　感　　想

生産プラットフォームに対するノルウェーの考え方は，このStatoilを中心にして，計画的に進める半公共投資的なものであるように感じられた。

この結果，計画，設計，施工に関しては，自国の産業保護のために，Norwegian Contractorや，Moss Rosenberg等へ意図的に発注されているものと思われる。その一つの証左となろうが，Moss Rosenbergの造船所の前を船で通り過ぎた時はDockの内にも外にも船は一度も見られなかった。先進国の造船業のあり方の一つのモデルを見たような気がした。

また，ノルウェーのフィヨルドの海象条件は水深の深いことと，波静かなことに代表される。このような環境あってこそ，このようなコンクリート構造物と，その工作法が考え出されたのであろうという感想を持った。

一方で，日本であればまた異ったコンセプトで，新しいものに対していかねばならぬであろう。

7-7　入手資料

1．Statoil 84/3

2. Den norske stats oljeselskap a. s
   Annual report and accounts 1983
3. Den norske stats oljeselskap a. s
   Halvårsrapport 1984
4. Statfjord A. B. C.
5. GULLFAKS
6. Statpipe

8. MOBIL EXPLORATION NORWAY, INC.

(MEETING PLACE) MOBIL TRADING CENTER
Tastagaten 32, Stavanger, Norway
(HEADQUARTERS)
4001, Stavanger, Norway

8-1 訪問日時

1984年9月21日　9：00～12：00

8-2 面談者

Mr. Ragnar Åslano　Training & Development Dept.
Mr. Karl Jacob Gjerde　同上
Ms. Inger Bergesem　同上

8-3 経　過

先ず，モデルルームにて，Statfjord A および B（C は B とほぼ同型），Loading Buoy，Subsea Production System の説明を受け，次に Statfjord A の 8 m/m映画および Statfjord C の video 映画を見た。

8-4 会社概要

Mobil Oil Corporation の関連会社でノルウェー大陸棚の石油の開発および生産を目的に1973年8月2日に設立された。1984年現在の従業員数は1,600名余りでその95％はノルウェー人である。Statfjord field の総資本の12.6％を出資しており，現在，Statfjord のオペレータとして，運営，開発，生産および作業の責任を負っている。

また，Norwegian Institute of Technology と協力して石油技術分野の教育プログラムを作成するなどノルウェーの石油技術の教育および訓練に力を入れている。

8-5 内　容

(1) スタットフィヨルド（コンクリート製プラットフォーム）

Stafjord field のコンクリート製プラットフォーム（掘削，生産，貯油，居住施設が一体化されている）の建造・据付については既に各種雑誌，報告書等で紹介されているのでここでは概要を述べるに留める。

1) スタットフィヨルドA

Condeep 型の3コラムのプラットフォームで甲板寸法は84m×86m（7.224m²）である。稼働水深は140m。生産能力は330,000barrels per day。建造は次の段階に分けて行われた。

① ドライドック内での建造――底版，貯蔵タンクの下部構造，鋼製スカートなどの建造。

② ウェットドックでの建造――ドライドックから近距離の水深200程度のフィヨルドを利用して浮上状態で貯蔵タンク上部構造およびコラムをスリップ・フォームで建造。

③ 60％完成状態のデッキ部の搭載――下部コンクリートは100％完成状態のデッキ部を搭載して曳航できる強度を有していなかったので60％完成状態のものを mating した。

④ 曳航，据付

⑤ 残りの40%のデッキ部の搭載——海上でのlifting work を伴うのでかなりの時間を要した。

建造担当は Norwegian Contractors.

建造コスト（loading buoy の建造費を含む）は，NOK 7.5 billion（NOK 1＝30円として2,250億円）。

1984年建造開始，1977年曳航および据付，1979年オペレーション開始。

2) スタットフィヨルドBおよびC

Condeep 型の4コラムのプラットフォームで甲板寸法は，140m×55m（7,700m²）の長方形であり，ほぼ正方形であるスタットフィヨルドAと異なる。これは，最も危険な drilling rig area と living quarters を出来るだけ遠避けるためにこれらの中間に processing modules を配するといった工夫をしているためである。

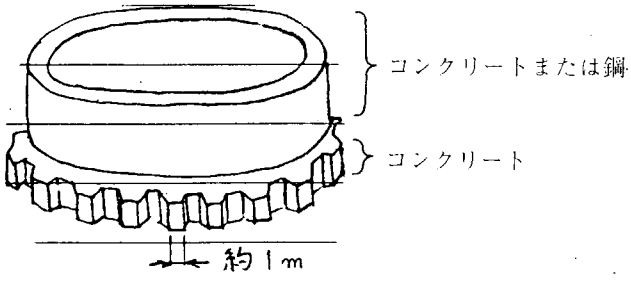
建造方法は，スタットフィヨルドAとほぼ同じであるが，下部コンクリート構造にはほぼ100%完成状態のデッキ部が搭載されるので，スタットフィヨルドAと比べかなりの工期短縮になっている。

コンクリート構造部の建造は，Norwegian Conqractors，デッキ部の建造は Moss Roseberg Verft が担当。

	(スタットフィヨルドB)	(スタットフィヨルドC)
生産能力	215,000 barrels per day	210,000 barrels per day
建造コスト	NOK 10 billion (3,000億円)	NOK 13 billion (3,900億円)
建造開始	1978	1980
曳航・据付	1981	1984
生産開始	1982	1985

4本のコンクリートコラムの上に，デッキ構造部を mating する際の許容誤差は4mmとのこと。デッキ構造部のコンクリート・コラムとの取合い部は右図のような形状となっている。なぜこのような形状になっているのか明快な説明は得られなかった。多分プレストレッシングケーブルの定着部がコンクリートコラムの上面に突出しているのでそれを避けるためにこのような形になっているものと思われる。

曳航時の速度は1.5ノット。



(2)海底生産システム（Subsea Production System）

Mobil は Kværmer, Statoil が協同で SPS を開発した。その特徴は，

① ダイバーの手助けなしにオペレーションが可能である（海上から chamber までの人の移動は submersible を使う。）

② 対象とする水深は800～2,000m。

③ chamber 内には酸素が満たされ，人が自由に活動できるようになっている。しかし，爆発の危険のある場所には窒素が満たされ，オペレーターは酸素マスクをつけて作業する。

④ オペレーターは特別な訓練をする必要はない（海上の生産システムで使われている equipments と同じものを使用するから）。

⑤ 定員は4人。

8-6 感　想

面談者の3名は Training & Development Dept. の所属であること，立派なモデルルームが備えてあること，およ

びスタットフィヨルドの8m/m映画やvideo映画が用意していることなどから，当社はノルウェーの石油技術の教育，訓練に力を入れていることがうかがえた。

Statfjord Aのモデルの前に主要寸法等の表示が英語と同時に中国語で書かれていた。中国からの訪問者がそれだけ多いのであろう。

Statfjord AとB（またはC）とではdeck部のアレンジが大きく変っている。また，同じStatfjord Bでも初期設計時と完成時とでは，ヘリコプターデッキの位置が変っている。このことは，国のルール(NMD)が安全面を考慮して頻繁に改正されて来たことを物語っているように思えた。

8-7 入手資料

1．Mobil（会社概要）

2．Mobil Magasin
3．STATFJORD
} ノルウェー語

4．Advanced Offshore Oil Platforms

5．STATFJORD C

6．Research：Ideas for Today's Investors

9. あとがき

石油資源開発が海洋開発へ移行する中で，その生産設備の構造様式を見た場合，通称Jacketと呼ばれるFixed steel platformが浅水域に於いてのコスト有位性から大勢を占めてきた。しかし，掘削海域が，より深く，より海象気象の酷しい所に移るにしたがい，より安価に，より早く，を目ざして各種の方式が開発されつつあり，技術的に非常にvarietyに富んだ分野になっていると云うことができよう。

Concrete構造も，その中の一つの方式を作り出すものであり，その条件如何によっては最もcompetitiveなものとなるものである。このconcrete構造を勉強している我々にとって，今回欧州に於ける海洋コンクリート構造技術の現状及び将来の動向を知ることは重要なことであった。当初，盛りだくさんの質問項目を横目に，はたして訪問先の会社が，どの様な対応をしていただけるか一抹の不安を感んじつつ出発したわけだが，訪問先の誠意ある懇切丁寧な説明をいただき，貴重な資料とともに，大いに勉強させていただいた。

もっとも我々側からも，香港沈埋トンネル（熊谷組），KULLUK建造記録（三井造船）及びSuper CIDS建造記録（日本鋼管）の3本のフィルム上映を行ったが，先方からの強い興味がよせられ，友好的に技術交流が行われえたと思っている。

これは，ひとえにCoordinator役をお引き受けいただいた藤田教授ならびに訪問先と交流のある建設会社の御尽力によるところが大きい。ここに紙面をかりて御礼を述べさせていただきたい。尚，海洋空間の多面的利用拡大に伴いconcreteの新しい構造物の誕生がまたれるわけだが，その為の技術面の確立の為一同一層の努力を重ねる所存である。

付　録

訪問先別質問状

1．LLOYD'S RESISTER OF SHIPPING

2．DET NORSKE VERITAS

3．THOMAS McALPINE
CANPENON BERNARD
C. G. DORIS
} 同一

4．STATOIL

5．MOBIL EXPLORATION NORWAY, INC.

THE SHIPBUILDING RESEARCH ASSOCIATION OF JAPAN
SENPAKU-SHINKO BLDG. 1-15-16, TORANOMON, MINATO-KU,
TOKYO, JAPAN

Re: Study Mission on "Offshore Concrete Structure Technology "

Dear Sir;

As informed you, we are visiting you on September 18, 1984 to discuss the Offshore Concrete Structure Technology.

In order to inform you of the specific subjects which we are interested in, and make the discussion more effective, we prepared a questionnaire which is enclosed herewith. We would appreciate it very much if you could kindly answer the questionnaire when we talk at your office. The answers in written form, even in part, would be more helpful for us.

We hope that the discussion will be fruitful for both of us.

We look forward to seeing you.

Yours faithfully,

Y. Fujita

Yuzuru Fujita
Coordinator
University of Tokyo
Survey Mission

LLOYD

Questionnaire

1. General matter

1.1 Outline of your society
please explain briefly following items,

i) General history and major activity

ii) Present organization and personel

iii) Present activity and future programs for the offshore concrete structures

1.2 Please show us the type and the outline of the offshore concrete structures built under your survey.

1.3 Do you have any experience of surveying the steel-concrete hybrid offshore structure?
Please explain the above structure, if any.

1.4 Would you give us your opinion on the demand tendency of the concrete offshore structure.

1.5 Would you give us your opinion on the advantage / disadvantage of the steel offshor structures and the concrete ones from the technical and economical points of view.

1.6 Please explain the problems and countermeasures to be taken for the design and the construction of the offshore concrete structure from your experience.

1.7 Please explain your present / near future programe of the reserch on the concrete offshore structure.

1.8 Please explain following items concerning new type concrete,

i the present situation and the future reserch tendency of the hight strength concrete.

ii the present situation and the future reserch tendency of the light weight concrete, especially concerning its strength and freeze-thaw durability.

1.9 For oftaining your approval of the concrete or steel-concrete hybrid offshore structure,

i) What standard should be applied?

ii) What kind of the technical deta should be submitted in each phase? (concept design, basic design, detail design and construction stage)

2. Design standards

2.1 Do you plan to make rules, guidelines, etc. regarding offshore concrete structure? If you do, when are you going to carry it out?

2.2 Hybrid structure having advantages of steel structure and concrete structure:

i) Do you establish a strength analysis method applicable to hybrid structure?

ii) Do you plan to make rules of hybrid structure? If you do, when will you carry it out?

2.3 Concrete structure for ice sea service

i) Estimation of ice load is more difficult than that of wave load and wind load. If you have any recommendable estimating method, please show us.

ii) How should we treat ice load when studying material strength under fatigue load?

iii) What measure do you think should be taken against damage by pack ice?

iv) What specifications do you think should be adopted for characteristics of concrete to be used for concrete structure for ice sea service?

2.4 In case of offshore LNG storage tank made of concrete, will you authorize the concrete structure to be a secondary barrier?

2.5 In case of designing and constructing gravity type structure, unevenness of sea bottom and unstable phenomena due to interaction between sea bottom and structure, such as scour, settlement and liquefaction, must be taken into consideration. Do you plan to make rules in such regard? If you do, when are you going to carry it out?

2.6 What measure do you think should be adopted to keep water-tightness of offshore concrete structure?

2.7 What measure do you think should be taken against corrosion of reinforcing steel included in concrete?

2.8 There is a tendency to use high-strength lightweight concrete for floating type or floating-gravity type structures. When using this material, what points should we take particular care of in design and construction, compared with ordinary concrete?

2.9 Cyclic load caused by waves:

i) What concrete structures had fatigue failure due to cyclic load by wave in the past?

ii) What concrete constituents will be determined by fatigue strength?

2.10 Freezing and thawing:

i) If there are any offshore concrete structures damaged by freezing or thawing, please let us know.

ii) What measures are taken against damage by freezing and thawing?

2.11 If there are any offshore concrete structures destroyed or inclined due to earthquake or non-uniform settlement, please let us know.

2.12 Scour caused by wave or current:

i) If there are any offshore concrete structures in which scour caused a problem, please let us know.

ii) What measures are taken against scour? Please explain concretely.

2.13 Please explain concretely what effects of marine growth should be taken into consideration in design.

2.14 Do you allow cracking of outer surface of under-water part? If you do, please let us know allowable crack width. In that case, water-tightness and anti-corrosiveness of reinforcement steel cannot be kept. What do you think of it?

2.15 Icing:

i) How much do you think is general increase of self-weight due to icing of structure?

ii) What method is recommendable to prevent icing?

2.16 If you have data of in-situ stress measurement, please show us comparison of measurement results with estimated values.

3. Inspection and maintenance

3-1 Please explain following items concerning the inspection during construction,

a) Inspection items corresponding to the stage of construction

b) Inspection methods of above items

c) Detected defects and repair methods

3-2 In case of concreting in the floating condition, please explain following items,

a) Test method for the strength verification and the actual results.

b) Test method of water / air tightness and the actual results

3-3 Would you show us your recomendable manitoring system of the structural damages, if any ?
Have you the plan to prescribe installation of the above monitoring system in your rule.

3-4 From your actual servey during operation, please show us the notable structural damages and the repair works.

D. N. V.

QUESTIONNAIRE

1. General Matter

1-1 Outline of your society

Please explain briefly following items,

a) General histrory and major activity

b) Present organization and personel

c) Present activity and future programs for the offshore concrete struvtures

1-2 Please show us the type and the outline of the offshore concrete structures built under your survey.

1-3 Do you have any experience of surveying the steel-concrete hybrid offshore structure ?

Please explain the above structure, if any.

1-4 Would you give us your opinion on the demand tendency of the concrete offhsore structure.

1-5 Would you give us your opinion on the advantage / disadvantage of the steel offshore structures and the concrete ones from the technical and economical points of view.

1-6 Please explain the problems and countermeasures to be taken for the design and the construction of the offshore concrete structure from your experience.

1-7 Please explain your present / near future program of the research on the concrete offshore structure.

1-8 Please explain following items concerning new type concrete,

a) the present situation and the future research tendency of the hight strength concrete.

b) the present situation and the future research tendency of the light weight concrete, especially concerning its strength and freeze-thaw durability.

1-9 For obtaining your approval of the concrete or steel-concrete hibrid offshore structure.

What kind of the technical data should be submitted in each phase ?

(concept design, basic design, detail design and construction stage)

2. Design standards

2.1 Do you plan to revise your rules, guidelines, etc. regarding offshore concrete structure? If you do, when are you going to carry it out?

2.2 Hybrid structure having advantages of steel structure and concrete structure:

i) Do you establish a strength analysis method applicable to hybrid structure?

ii) Do you plan to make rules of hybrid structure? If you do, when will you carry it out?

2.3 Ice load in "Rules for The Design, Construction and Inspection of Offshore Structures, 1977":

i) Section 5 Loads, 5.3.5.1 states:

"Determination of ice loads is to be based on statistics ....."

If you have any recommendable method of this determination, please show us.

ii) Section 5 Loads, 5.3.5.2 states:

"Loads from laterally moving ice are to be based on relevant full scale measurements, model experiments which can be reliably scaled or on recognized theoretical methods."

If you have any methods that can be regarded as recognized theoretical methods, please show us.

iii) Do you have a plan to make an appendix covering ice load estimating method and statistics, like Appendix D "Concrete Structures" to the current rules? If you do, when will you do?

2.4 Lightweight concrete:

i) "Guidelines for The Design, Construction and Classification of Floating Concrete Structures, 1979", Section 2.1.3 states:

"These Guidelines do not apply to structures constructed of lightweight concrete."

Which part of these guidelines are not applicable to lightweight concrete?

ii) There is a tendency to use high-strength lightweight concrete for floating type or floating-gravity type structures. When using this material, what points should we take particular care of in design and construction, compared with ordinary concrete?

2.5 Reinforcement (normal, weldable and prestressing reinforcement, etc.):

i) Why don't you lay down a definite rule regarding characteristics of reinforcement material for reinforced concrete for low temperature service?

ii) Which grade of steel do you think should be used at design temperature of -50°C or so?

iii) What measure do you think should be taken against corrosion of reinforcement?

2.6 In case of offshore LNG storage tank made of concrete, will you authorize the concrete structure to be a secondary barrier?

2.7 In case of designing and constructing gravity type structure, unevenness of sea bottom and unstable phenomena due to interaction between sea bottom and structure, such as scour, settlement and liquefaction, must be taken into consideration. Do you plan to make rules in such regard? If you do, when are you going to carry it out?

2.8 How should we treat ice load when studying material strength under fatigue load?

2.9 What measure do you think should be adopted to keep water-tightness of offshore concrete structure?

2.10 Cyclic load caused by waves:

i) What concrete structures had fatigue failure due to cyclic load by wave in the past?

ii) What concrete constituents will be determined by fatigue strength?

2.11 Freezing and thawing:

i) If there are any offshore concrete structures damaged by freezing or thawing, please let us know.

ii) What measures are taken against damage by freezing and thawing?

2.12 If there are any offshore concrete structures destroyed or inclined due to earthquake or non-uniform settlement, please let us know.

2.13 Scour caused by wave or current:

i) If there are any offshore concrete structures in which scour caused a problem, please let us know.

ii) What measures are taken against scour? Please explain concretely.

2.14 What measure do you think should be taken against damage by pack ice?

2.15 Please explain concretely what effects of marine growth should be taken into consideration in design.

2.16 Do you allow cracking of outer surface of under-water part? If you do, please let us know allowable crack width.

2.17 Icing:

i) How much do you think is general increase of self-weight due to icing of structure?

ii) What method is recommendable to prevent icing?

2.18 If you have data of in-situ stress measurement, please show us comparison of measurement results with estimated values.

2.19 What specifications do you think should be adopted for characteristics of concrete to be used for concrete structure for ice sea service?

3. Inspection and maintenance

3-1 Please explain following items concerning the inspection during construction,

a) Inspection items corresponding to the stage of construction

b) Inspection methods of above items

c) Detected defects and repair methods

3-2 In case of concreting in the floating condition, please explain following items,

a) Test method for the strength verification and the actual results.

b) Test method of water / air tightness and the actual results

3-3 Would you show us your recomendable manitoring system of the structural damages, if any ?
Have you the plan to prescribe installation of the above monitoring system in your rule.

3-4 From your actual servey during operation, please show us the notable structural damages and the repair works.

THOMAS Mc AIPINE

ANDOC
CAMPENON BERNARD

C. G. DORIS

QUESTIONNAIRE

Would you please briefly answer the following items regarding offshore structures and facilities?

1.Outline of your company

1)General history and major business activities

2)Present organization, facilities and personnel

2.Present activities

For each present activity, please answer the following items:

1)the name of project,

2)the name of the client, the designer and the contractor,

3)the name of classification society,

4)the outline (e.g.function, type and dimensions) of the structure,

5)the installatin site or oilfield.

3.Prospective markets

1)What do you think about the prospective markets of concrete offshore structures?

2)Please inform us about concepts which you are developing (e.g.target areas, functions and features).

4.Major achievements

Please fill the forms attached (three sheets per each project) regarding the major achievements including projects in course of design or construction.

5. Improvements of the designs or constructional procedures

Have you improved your designs or constructional procedures with the experience you got during preceding projects?

If you have any, please answer the following items:

1) the name of project,

2) the items of the improvements.

ANSWER SHEET

NO.	QUESTIONNAIRE	ANSWER
1.	Name of Project	
2.	Client Engineer	
3.	Designer Contractor	
4.	Name of Classification	
5.	Function	☐ Drilling ☐ Production ☐ Storage ☐ Accomodation ☐ Unloading Others _____
6.	Installed area or name of oilfield	
7.	Water depth	_____m
8.	Design wave	H1/3 = _____m T1/3 = _____sec Hmax. _____m T = _____sec Recurrence Period: _____years
9.	Rules, regulations or gude-lines which the design was complied with.	

NO.	QUESTIONNAIRE	ANSWER
10.	Dimensions of structure, please show them in a drawing.	
11.	Quality of waterial	
	1) Concrete	_____m
	2) Reinforcing steel	_____t
	3) Prestressing steel	_____t
	4) Structural steel	_____t
12.	Contract sum	
	1) Structures	$_____
	2) Equipments	$_____
	3) Pipe line	$_____ Length _____km
13.	Construction period	
	1) Design	From _____, 19___ to _____, 19___
	2) Construction in dry dock	From _____, 19___ to _____, 19___
	3) Construction in wet dock	From _____, 19___ to _____, 19___
	4) Installation	From _____, 19___ to _____, 19___
	5) Test operation	From _____, 19___ to _____, 19___
14.	Manpower required for design	
	1) Conceptual design	_____manmonths for_____sheets of drawings
	2) Basic design	_____ do, _____ do
	3) Detail design	_____ do, _____ do
15.	Sales points of the design	
16.	Sales points of the construction performance (e.g. Sliptorming, precast concreting, mating or quality control etc.)	

NO	QUESTIONNAIRE	ANSWER
17	Have you performed experiment ?	Yes No
18	Have you published the paper about the project ?	
	1) Author	
	2) Name of the paper	
	3) Name of the publication	
	4) Place and time of the publication	

Questionnaire

1. Outline of your company (or organization)

   1.1 Please explain briefly the following items:

   (a) General history and major business activities

   (b) History, present activities and future programs of oil and gas (LNG) exploration in the North Sea

   (c) Organization, facilities and personnel for research on exploration, production and transportation of oil and gas (LNG) in the North Sea

   1.2 Could you show us a film of the above activities, if any?

2. Outline of Gullfacs A

   Please explain the following items:

   (a) Purpose

   (b) Capacity of production and oil storage

   (c) Principal dimension

   (d) Location to be installed

   (e) Date of commencement of construction, tow-out, installation and operation

   (f) Type of structure

   (g) Applied rules

3. Design condition of Gullfacs A

   Please explain the following items:

   (a) Environmental condition, ambient temperature, water depth, soil properties, ice condition

   (b) Load condition

   (i) During towage
   wave force, wind force, buoyancy, ice pressure

   (ii) During installation and operation
   Wave force, wind force, dead load variable load (live load), esrthquake load, ice pressure

   (c) Life of structure

4. Construction, installation, inspection, etc. of Gullfacs A

   Please explain the follwoing items:

   (a) Material (reinforced concrete, prestressed concrete or concrete-steel hybrid)

   (b) Properties of concrete

   (c) Method of quality control

   (d) Methods of testing of structural strength, water tightness and air tightness

   (e) Methods of placing concrete and joining concrete blocks on the surface of sea

   (f) Type of foundation (gravity, piled or mixed)

   (g) Preparation of sea floor (improvement of soil)

   (h) Procedure of installation

   (i) Monitoring system of structural damage

   (j) Control of structural weight during construction

Mobile

Questionnaire about Offshore Concrete Structure under Operating at Site

1. General

1) Outline of your offshore concrete structures in accordance with the following items

(a) Name of unit

(b) Main pupose of usage

(c) Month and year of completion

(d) Name of general contractor

(e) Principal dimension

(f) Others

2) Please explain structure type

(a) Gravity type or floating type

(b) Fully concrete type or hybrid structure type

(c) Others

3) Please explain advantage and disadvantage of concrete structure in comparison with steel structure

(a) Maintenance matters

(b) Operational matters

(c) Others

4) Please explain your idea of improvement of existing unit from viewpoints of structure and operation

2. Inspection and Maintenance

1) Please explain about the monitoring system for damage of structure

(a) The method of monitoring

(b) Location of checking portion

(c) Actual experiences of finding damages

2) Please explain the method of repairing damages and actual experiences of repairing.

3) Please explain the most severe climate condition which was recorded at site in accordance with the following items

(a) Wave height

(b) Wave cycle

(c) Wind Speed

(d) Temperature

(e) Ice force

(f) Current speed

4) Please explain about the troubles which happen at the time of installation and operation from the cause of ununiform soil condition of base. And also, please explain counter plan for this kind of trouble.