

■ 調査・報告 ■

北極海向け移動式石油掘削人工島の建設 ——コンクリート構造部に関して——

CONSTRUCTION OF MOBILE ARCTIC DRILLING ISLAND ——CONCERNING CONCRETE STRUCTURE

大野義郎*・鈴木智郎**・丹羽元和***・井畔瑞人****
By Yoshiro ONO, Tomoo SUZUKI, Motokazu NIWA and Mizuhito IGURO

1. はじめに

米国アラスカ州とカナダの北岸に面する広大な北極圏における石油開発は1960年代から始まり、1968年、アラスカのプルドー湾地域で大油田が発見されて以来一躍世界の注目するところとなった。この一帯における石油開発は当初陸上部での掘削が中心となって進められたが、1970年代後半よりはしだいに海岸線に近い浅い海域を埋立てた人工島による開発へと焦点は移り始めた。その後掘削船による試掘でさらに沖合の比較的深い海域でも石油の埋蔵が確認されると、莫大な土砂を必要とする従来の埋立式人工島の概念を発展させ、新しい構想の人工島建設計画が次々と発表されるに至った。しかし、北極海での厳しい海洋、気象条件を克服するためには数々の技術的課題もまた残されており、これらの人工島構想は現在やっとその一部が実現化され始めたにすぎない。

このような状況の中で、1983年、日本鋼管(株)では世界で初めて北極海向けのコンクリートと鋼との複合構造形式、移動式石油掘削人工島 Super CIDS (Concrete Island Drilling System) を受注した。そして、最も厳しい水圧と波浪に耐えるコンクリート構造部分は、日本鋼管(株)の監理のもとに五洋建設(株)、清水建設(株)の共同企業体によってわずか7か月という短期間で建造され、その後ただちに鋼構造部分との合体作業を経て1984年春、無事完成した姿で人工島は北極

海へと曳航することができた。

この Super CIDS のコンクリート工事の特徴は、夏期に北極海の海水が解けて海が開くわずかな期間に間に合わせて曳航設置する必要性からぎりぎりまで切り詰めた超短納期と、冬期には -50°C にまで達する極寒と氷による侵食などの厳しい自然条件に耐えるための耐久性管理、そして浮体コンクリート構造物としての吃水確保のための重量管理にある。特にコンクリート構造部の主要材として用いた軽量コンクリートに関しては受注決定と同時に試験を開始し、材料選択、練混ぜ、運搬、打設に至るまで一貫した品質管理体制をもって臨んだ。

本報告はこの世界に類をみない浮体コンクリート構造の建設記録と原点に立ち帰って実施した品質管理の記録である。

2. Super CIDS の構造概要

Super CIDS の全体構造は、海底面と接する部分がマッドベースといわれる鋼構造で、その上に高さが44フィートあることからBB44とよばれる浮体コンクリート構造が乗り、さらにその上に掘削設備や居住区を搭載した鋼製デッキパージが乗るという3段重ねとなっている。Super CIDS はこの3つの構造体のそれぞれが浮体構造で、マッドベースと浮体コンクリートの内部には海水を注排水することができ、それによって容易に沈設、浮上して移動ができるようになっている。

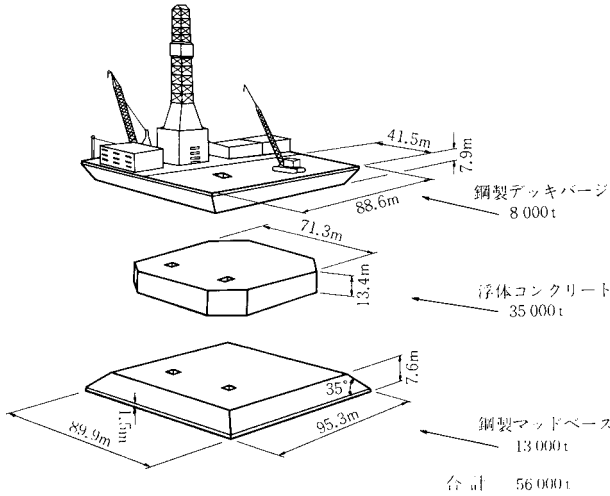
浮体コンクリート部は、全体の中段部にあり直接水圧や波浪に耐える構造で、図-2に示すように底版、外壁、せん断壁、内壁、サイロ、頂版より構成されており、その内部は軽量化のためハニカム構造となっている。各部分の工事数量は表-1のとおりである。本工事ではこの

* 正会員 日本鋼管(株) 土木建築技術部土木技術室室長
(〒230 横浜市鶴見区末広町2-1)

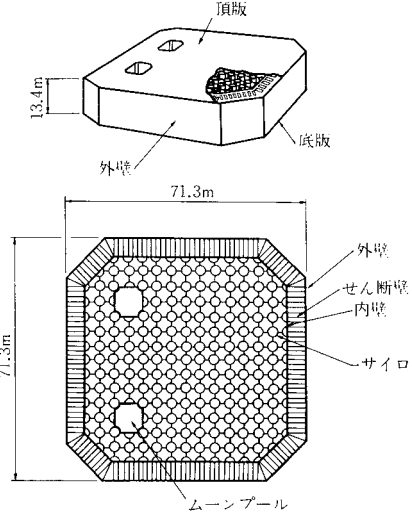
** 正会員 日本鋼管(株) 同上係長

*** 正会員 五洋建設(株) 技術部長

**** 正会員 清水建設(株) 土木本部開発部部長



図一 Super CIDS 構造展開図



図二 浮体コンクリート構造図

表一 主要工事数量

材 料	軽量コンクリート (m³)	普通コンクリート (m³)	鉄 筋 (t)	PC 鋼材 (t)
底 版	1 940	—	1 350	165
外 壁	2 330	—	1 440	160
内 壁・せん断壁	—	5 070	1 630	260
頂 版	1 890	—	890	110
ハニカム構造部他	3 120	—	750	—
合 計	9 280	5 070	6 060	695
	14 350*			

* このコンクリート量は、鋼材体積を差し引いた値である。

表二 Super CIDS コンクリートの仕様

項 目	仕 様
単 位 容 積 重 量	軽量：1.84、普通：2.48 t/m³ 以下
設計基準強度(材令56日)	軽量：457、普通：562 kg/cm² 以上
コンクリート中の総塩分量	Clとしてセメント重量の0.06% 以下
空 気 量 (打設時)	7±2%
気泡間隔係数(硬化後)	250µm 以下
気泡比表面積(硬化後)	24 mm²/mm³ 以上
凍結融解耐久性指数	凍結融解 300 サイクルで 80% 以上 (ASTM C 666 A 法による)

蜂の巣の1つ1つにあたるサイロにプレキャスト部材を採用し、その他の部材は場所打ちコンクリートとし、底版、外壁、せん断壁、内壁、頂版にはさらにプレストレスを導入している。使用コンクリートはせん断壁、内壁に普通コンクリートを用いたほかはすべて軽量コンクリートとしている。表二にこれらコンクリートの仕様を示す。

Super CIDSにおいてなぜこのようにコンクリート構造が採用されたのか、経済性以外の技術的な面よりの理由を挙げてみると以下ようになる。

- 1) 低温下での優良な強度特性、特に低温脆性の問題が少ない。
- 2) 凍結融解作用に対しても十分耐え得る。
- 3) 氷による局部的集中荷重に容易に耐え得る構造である。
- 4) 波浪や飛沫に対しても耐久性のある構造ができる。
- 5) 氷圧等の水平力に対しても十分な水平抵抗を得るための重量が容易に満たされる。
- 6) 北極海の厳しい自然環境下でも維持管理が容易である。

表三に Super CIDS の環境、設計条件を示しておく。

表三 Super CIDS の環境・設計条件

項 目	条 件 値
大 気 温	-50~+20℃
水 深	-11~-17m
風 速	36 m/s
波 高	5 m
潮 流 速	7 km/h
氷 厚	0~2 m
氷 圧 力 全 体 圧	680 tf/m²
局 部 圧	630 tf/m² (1.5×1.5m 範囲内)

3. 浮体コンクリート部の建設

(1) 施工概要

a) 建設手順

建設は日本鋼管津製作所修理ドック内で実施した。建設手順を図三に示す。

- ① 底版の構築は完成後の浮上を容易にするよう工夫した基礎の上で行った。所定のコンクリート養生期間後、

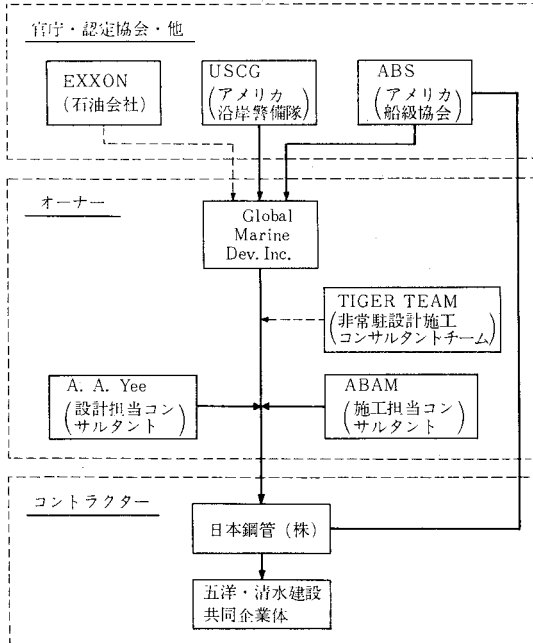


図-4 工事体制

工事に先立ち工事中の QA/QC 活動の基本となる次の 4 種類の文書を作成した。

- ① QA 表：仕様書の要求品質に対し必要な管理項目、起こりがちな不具合を明確化した表。
- ② QC 工程表：QA 表で洗い出した管理項目から各工種ごとに必要な管理項目を選択し、管理限界、管理頻度、不具合発生時の対策等を規定した表（表-5）。
- ③ マニファクチャラーズスタンダード：材料メー

カー、コンクリート工場が自主的に行うべき QC 活動を規定したもの。

- ④ 検査マニュアル：オーナー側の検査項目、頻度を工種ごとに規定したマニュアル。

上記のうち、QC 工程表と検査マニュアルは自主検査、オーナー検査の基本的指針として特に重要な役割を果たした。

ii) 検査活動

検査活動は、自主検査とオーナー検査よりなる。

自主検査は、材料の受入れ、鉄筋工、型枠工、施工目地工、コンクリート打設、養生工、PC 工等の各工種について QC 工程表に従って行い、全数検査を原則とした。

自主検査の結果はただちに関係工事部門へ通知され、不具合に対しては是正をするとともにその再発防止法についての協議を実施した。

オーナー検査は、QC 工程表および検査マニュアルに従って行われ、QC チームが必ずこれに立合った。

iii) コンクリートの管理

本工事で使用したコンクリートは従来にない特殊なものであったため、材料受入れ、貯蔵、生産、輸送、打設、養生の各段階について QA/QC 部門が特に直接管理・指導を行った。

b) 工程調整部門

工程調整部門は超短納期に加えて下記の理由により必要不可欠な部門であった。

- ① スペースの少ないドック内で同時に多数の工種を進行させるため常に工種間優先順位を明確にし工事部門間を調整する必要があった。
- ② 既応の歩掛りデータが適用できない新工種が多

表-5 QC 工程表 (型枠工についての一例)

Work		Items of Quality Control	Survey and Inspection				Countermeasure		STANDARD /SPEC	Record of Inspection
Category	Event		Criteria	When	Method	Frequency	Prompt Action	Recurrence Prevention		
Form work	Placement of forms	Deviation from base lines	Tolerance ±1/4 in.	Upon erection of first lift	Visual observation, scale measurement if necessary	8 points	Make necessary correction	Review of work standard	ACI 347-78	Check sheet
		Differential between adjacent units	Tolerance ±1/4 in.	After form assembly	-ditto-	8 points per each lift	-ditto-	-ditto-	-ditto-	-ditto-
		Form assembled form	Tolerance ±1/4 in. per 10ft	After form assembly	Plumb and scale measurement	-ditto-	-ditto-	-ditto-	ACI 347-78 3.3.1.1	Data sheet
		Width of assembled form	Tolerance ±3/8 in.	After assembling	Scale measurement	-ditto-	-ditto-	-ditto-	Spec. 7.4	-ditto-
		Tightness of form joint	No mortar leakage	During concreting	Visual	Each concreting	-ditto-	-ditto-	Spec. 7.1	

く、専門にこれをフォローし次工程へフィードバックする部門が必要であった。

本部門はスムーズな工事を実施するために通常以上に強権をもった組織とした。

c) 本社、技術研究所支援部門

今回の工事は現場のみで対処できない新技術や問題が多く、本社および技術研究所においても密接な支援部門を設けて工事にあたった。その主な支援項目は以下のとおりである。

- ① 基本図をベースに詳細設計図をおこし、オーナー、ABS、USCGの承認取得。
- ② 温度ひびわれ等の技術的問題の検討。
- ③ コンクリート、モルタル、グラウトの配合決定および改良。

4. 耐久性確保のための活動

(1) 概要

本構造物には一般の海洋コンクリート構造物に必要な耐久性に加えてさらに-50°Cの極低温および大きな水圧という環境条件に対する耐久性が求められている。この耐久性に対する要求品質を満足するために行った活動は本工事の技術上の核を構成するものであった。

本章では耐久性にかかわる活動の概要を図-5に示す流れに従って紹介する。

(2) 配合選定室内試験

仕様書で規定された凍結融解抵抗性および高強度性を満足する配合は試験練りを実施した時点では世界的にみても全く報告がなく、試験は手探りの状況から出発した。

目標強度の設定はACI 318に従い、3か月間にわたって約200バッチの試験練りを実施した。

a) 試験材料

表-6に示すような材料を用いた。

表-6 試験に使用した材料

材料名	種別
セメント	普通ポルトランドセメント
軽量粗骨材	A骨材(非造粒型) M骨材(造粒型)
普通粗骨材	半砕石(三重産)
細骨材	川砂(三重産)
混和材	フライアッシュ Nシリカフェューム Hシリカフェューム
高性能減水剤	ポリアルキルアリルスルホン酸
流動化剤	ポリアルキルアリルスルホン酸
A E 剤	天然樹脂酸塩

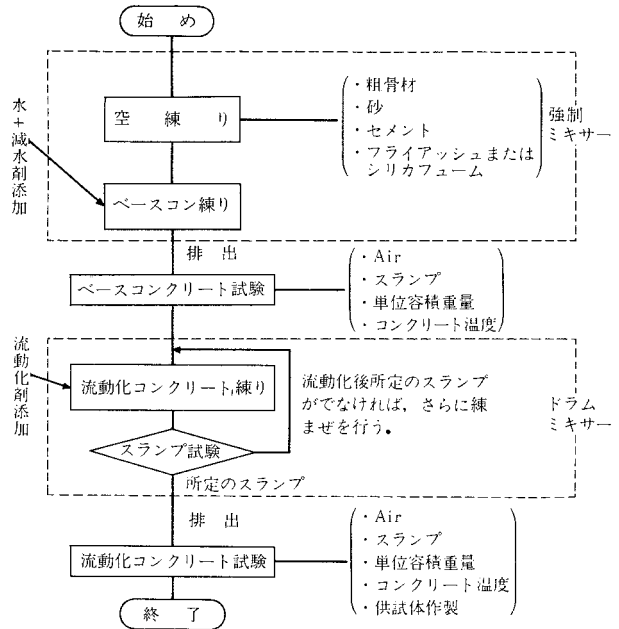


図-6 試験練り手順

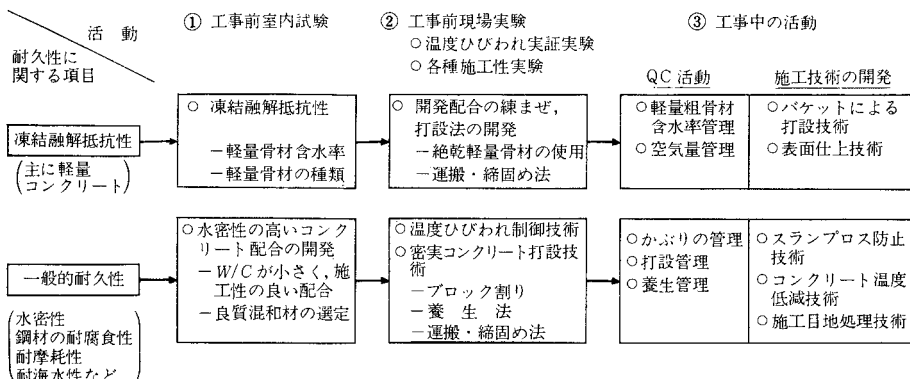


図-5 耐久性に関する技術の開発ステップおよび開発項目

b) 試験方法

試験練りの手順図を図-6に示す。

凍結融解試験用の供試体は各試験バッチより2本ずつ採取した。

c) 結果

i) 凍結融解抵抗性

本試験の水セメント比，空気量の範囲では，練混ぜ前の軽量粗骨材の含水率が5.0%以下であれば仕様書の規定を満足するといえる(図-7)。

軽量粗骨材や混和材の種類による影響はほとんどみられなかった。

ii) 高強度性

軽量・普通コンクリートとも，水セメント比(W/C)0.30前後で目標強度を満足する。

本試験で用いた配合の範囲内ではシリカフェウムを混和材として用いると，フライアッシュを用いた配合に比べ同程度の高強度を得るために20%近くセメント量を低減できる。

d) 選定配合および特性

選定された配合および打設場所を表-7に示す。

凍結融解抵抗性を確保するため軽量粗骨材は絶乾状態のものを用いた。使用配合のASTM C 457 リニアトラバース法により測定した気泡組織測定試験結果を表-8

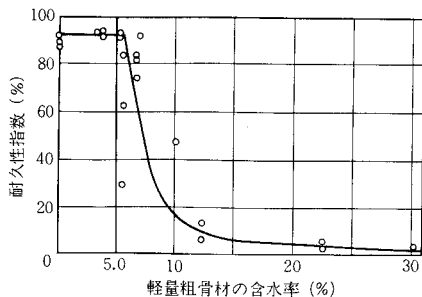


図-7 軽量粗骨材練混ぜ前含水率と凍結融解耐久性指数の関係

表-8 気泡組織測定試験結果

配合名	フレッシュコンクリート空気量 (%)	気泡システム (硬化後)		
		比表面積 α (mm ² /mm ³)	空気量 A (%)	気泡間隔係数 I (μ m)
LF	5.7	29.8	4.9	188
LS	6.8	30.7	3.9	201
NF	6.3	27.2	5.3	191

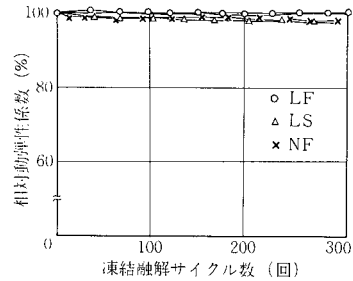


図-8 使用配合の凍結融解サイクル数と相対動弾性係数の関係

に，凍結融解試験結果を図-8に示す。

(3) 温度ひびわれ対策

本工事に用いたような単位セメント量460~557 kg/m³という富配合のコンクリートでは，セメントの水和熱およびその後の温度降下の影響により生じる温度ひびわれの制御は，構造物の耐久性の面から重要な課題である。そこで，実際の施工に先立ち，ひびわれ制御の観点から必要とされる養生方法，ブロック割りを見出すことを目的として，外壁の一部を模した実物大試験体による実証試験を行った。

その結果，養生方法によって明らかにひびわれの発生に差異のあることが判明したので，外壁の外型枠は発泡ポリウレタン付きの鋼製型枠，内型枠は合板型枠とし，それぞれ材令3日で脱型後ただちに被膜養生剤を散布しさらに4日間3層のエアパックで保温養生することとした。また，コンクリートの温度変化，ひびわれ発生等の

表-7 選定配合一覧表

配合名	打設場所	骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (mm)	Air (%)	W/C	S/A	単位量 (kg/m ³)					混和剤			
							セメント	水	フライアッシュ	シリカフェウム	細骨材	粗骨材	減水剤 (%)	AE剤 (%)	流動化剤 (%)
LF	底版	15	210 ±20	7	0.289	0.370	557	161	56	—	538	456	1.5	0.07	0.6
LS	外壁	15	220 ±20	7	0.320	0.400	460	147	—	46	630	469	1.8	0.07	1.1
NF	内壁・せん断壁	20	210 ±20	7	0.301	0.379	502	151	50	—	582	975	1.5	0.08	0.7
LF-N	頂版	15	210 ±20	7	0.289	0.370	520	150	52	—	566	478	1.5	0.07	0.6
LF-S	サイロ	15	190 ±25	7	0.296	0.370	557	165	56	—	542	452	1.2	0.07	—

(注) NF コンクリートの粗骨材は半砕石，他のコンクリートの粗骨材は造粒型のM軽量骨材である。

観測結果を検討し、外壁はブロック割りを8分割とした。

(4) 耐久性に関する品質管理活動

a) コンクリートの品質管理

本工事に用いたコンクリートの特徴は、絶乾軽量粗骨材を用いた高強度軽量コンクリートということであり、世界でも前例のない構造材料を、安定した品質で供給するため、図-9に示すような管理体制をとった。

プラントではQC係員は、材料の品質管理、混和剤添加量の調整等のベースコンクリートの管理および現場の状況に合わせた出荷速度の調整等を行った。荷受け場所においては、流動化後のフレッシュコンクリートの管理、スランプ・空気量等の試験指示・記録、打設状況の把握およびプラントへの報告を行い、必要に応じ再流動

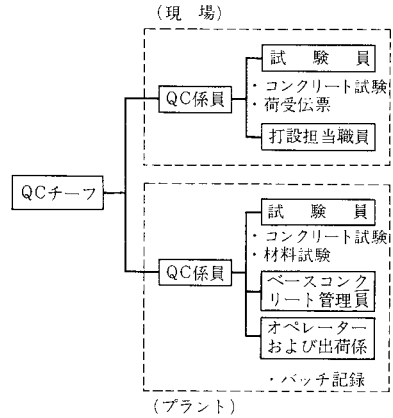


図-9 コンクリート管理体制

表-9 コンクリート品質管理項目一覧表

	項目	管理限界	試験法	頻度
材料受取時	セメント	JIS R 5210 C ₃ A 8~10%	JIS R 5210 に準ずる試験	入船ごと
	フライアッシュ	ASTM C 618 の F 級か JIS A 6201	ASTM C 618 or JIS A 6201	2回/月
	シリカフェーム	SiO ₂ ≥ 90% 強熱減量 ≤ 12%	JIS R 5210 に準ずる試験	入荷時
	細骨材	ASTM C 33	ASTM C 33 に準ずる試験	1回/週
	普通粗骨材	・最大寸法 20 mm 以下 ・ASTM C 33	ASTM C 33 に準ずる試験	1回/月
	軽量粗骨材	・最大寸法 15 mm 以下 ・ASTM C 330 or JIS A 5002 ・24時間吸水量 ≤ 7% ・骨材含水率 ≤ 4%	ASTM C 330 or JIS A 5002 に準ずる試験 JIS A 1135 JIS A 1125	入荷時と1回/月 出荷時 ミルシート
	高性能減水剤	ASTM C 494 or JIS A 6204	ASTM C 494 or JIS A 6204	入荷時
材料の貯蔵	A E 剤	ASTM C 260 or JIS A 6204	ASTM C 260 or JIS A 6204	同上
	セメント フライアッシュ	≤ 6か月	ASTM C 109	1回/週
	軽量粗骨材	骨材含水率 ≤ 4%	JIS A 1125 と含水率早期判定法	毎日
ベースコンクリート	混和剤	≤ 6か月		1回/週
	スランプ	10 ± 3 cm	JIS A 1101 目視	最初の8バッチ中の4バッチ。その後は必要に応じて 全バッチ
	空気量(圧力法)	軽量コンクリート 3~7% 普通コンクリート 4~8%	JIS A 1128	最初の8バッチ中の4バッチ。その後は必要に応じて
	単位容積重量	軽量コンクリート ≤ 1.842 t/m ³ 普通コンクリート ≤ 2.483 t/m ³	JIS A 1116	同上
荷受け時	スランプ	軽量コンクリート 21 ± 2 cm 普通コンクリート 21 ± 2 cm	JIS A 1101 または ASTM C 143	1回/20 m ³
	空気量(圧力法)	軽量コンクリート 4.5~8% 普通コンクリート 7 ± 2%	JIS A 1128	1回/20 m ³
	空気量(容積法)	軽量コンクリート 7 ± 2%	JIS A 1118	1回/1日
	単位容積重量	軽量コンクリート ≤ 1.842 t/m ³ 普通コンクリート ≤ 2.483 t/m ³	JIS A 1116	1回/20 m ³
硬化コンクリート	圧縮強度	材令 56 日 ・軽量コンクリート $f_c \geq 421 \text{ kgf/cm}^2$ $\bar{f}_c \geq 456 \text{ kgf/cm}^2$ ・普通コンクリート $f_c \geq 527 \text{ kgf/cm}^2$ $\bar{f}_c \geq 562 \text{ kgf/cm}^2$	ASTM C 39 JIS A 1108	f_c : 1個の試験結果 \bar{f}_c : 連続する3個の試験結果の平均

化の指示または、管理限界をはずれるコンクリートの返却・廃棄の指示を行った。

コンクリートの品質管理項目は、表—9 に示すとおりであるが、これらは前述の QC 工程表にまとめられ QC 係員はもとよりプラント職員、現場係員にも周知徹底された。

b) 軽量粗骨材の含水率管理

軽量コンクリートの凍結融解抵抗性の最大の要因となる含水率の管理は、本工事における重点管理項目の一つであった。含水率は表—9 に示すように出荷時のミルシートで確認するほか、コンクリート打設時には毎日測定した。ここで、JIS に示された通常の乾燥炉による方法では、結果を得るまでに 12 時間以上を必要とするため、その日に使用する軽量粗骨材の含水率をチェックするという目的に対しては不適當であった。そこで、今回の工事のために新しく開発した、より高温の電気炉を用いた早期判定法による含水率の実測値を用いて管理し、その確認のために JIS による方法を併用することとした。この早期判定法によれば含水率を 40 分程度で測定することが可能で、工事での測定結果によれば両方の測定値の誤差は含水率で最大 0.2 % であり、この早期判定法は十分に実用的であると考えられた。

c) 空気量の管理

軽量コンクリートの空気量は、JIS によれば容積法 (JIS A 1118) によることとなっているが、この測定法は少なくとも 30 分はかかるので、生コンの荷受け場所における試験法としては適切ではない。そこで事前に本工事の配合の軽量コンクリートについて、圧力法 (JIS A 1128) と容積法のキャリブレーションを行い、その結果を用いて実際の管理は圧力法で行った。表—9 の管理限界 4.5~8 % という値は、容積法における $7 \pm 2 \%$ という規格値を圧力法にあてはめたものである。なお、1 日 1 回は容積法による測定も実施した。

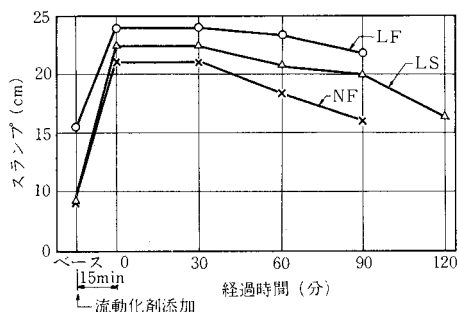
d) かぶりの確保

構造物の耐久性を鋼材の腐食という観点からみれば、最重要管理項目はかぶりの確保である。本構造物ではコンクリート m^3 当たり 400~700 kg という鉄筋量に加えプレストレス用のダクトが配置されているため、鉄筋を所定の位置に組むことは予想以上に困難であった。そこで鉄筋組立とシース組立を相番作業として手戻りをなくすこと、作業員自身が下げふりを用いてかぶりをチェックしながら組立作業を行うこと等によりかぶりの確保につとめた。

(5) 施工上工夫した事項

a) 流動化コンクリート

本工事のように高強度の軽量コンクリートを高密度の配筋の中に打設することで、最も懸念されるのは充填性



図—10 コンクリートのスランプの経時変化

の確保である。このため、高性能減水剤と高流動化剤を併用した流動化コンクリートとすることとした。高性能減水剤はプラントにて水と同時に投入し、高流動化剤はアジテータ車へ投入直前に添加し、プラントから現場までに要する 15 分間の低速回転で流動化させた。目標スランプは、ベースコンクリートで 10 ± 3 cm、現場到着後 21 ± 2 cm とした。図—10 に、流動化コンクリートのスランプロスの一例を示すが、スランプが大幅に低下すると充填性が悪くなるので生コン車が現場に滞ることのないよう出荷調整を行った。

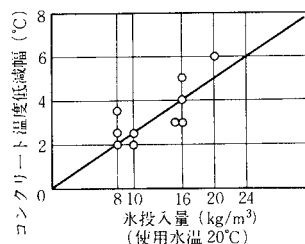
b) 軽量コンクリートの打設

軽量コンクリートは、凍結融解抵抗性に関する骨材の含水率の制限のために、ポンプ工法で圧送することは現状の技術では不可能であると考えられたので、バケットを用いて打設した。このうち、外壁部および底版の外周部 (内壁・せん断壁の部分) は、鉛直方向鉄筋が立ち上がっているため外壁上端からコンクリートを落とさざるを得なかった。そこで上部にホッパーを取り付けた塩ビ製のトレミー管を使用して材料の分離を防いだ。

c) コンクリート温度低減策

底版コンクリートの打設は 10 月ではあったが、コンクリートの練り上り温度は 35°C 程度の高温を示し、フレッシュコンクリートの粘性が増し施工性が非常に悪くなった。また、このことは硬化後のコンクリートにも悪影響があると考えられた。

そこで練混ぜ水の一部を砕氷で置換してコンクリート温度を低減することとした。砕氷の使用に際しては、試



図—11 水投入量とコンクリート温度低減幅の関係

験練りを行い、砕氷使用量と温度低減幅の関係は、図-11に示すように $2.5^{\circ}\text{C}/10\text{kg}/\text{m}^3$ であること、コブシ大の砕氷であれば砕氷はアジテータ車の現場到着時には完全に解け切っていること、混和剤の添加量への影響はないこと等を確認した。さらに、アジテータ車のドラムへの散水により $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ の温度低減効果をあげた。

砕氷の使用により温度を 30°C 程度まで下げたコンクリートは、流動性がよくなり充填性の改善がなされたが、今回の施工の範囲では、このワーカビリティーの限界点は、コンクリート温度で 32°C 近辺であろうと思われた。

5. 重量管理

コンクリート製浮体の吃水管理の方法としては、設計数量から推定する方法、出来形管理結果から推定する方法などいくつか考えられるが、いずれも実重量を推定するには、誤差が大きすぎると考えられる。本工事においては、図-12に示すように、出荷伝票による出荷量から返却・廃棄量を打設記録により差引き、さらにアジテータ車内への残留分、こぼれ等による損失を引いて求めた実打設コンクリート量にフレッシュコンクリートの単位容積重量を乗じたものを浮体のコンクリート重量とした。アジテータ車内の残留率は、数台をサンプリングしてトラックスケー

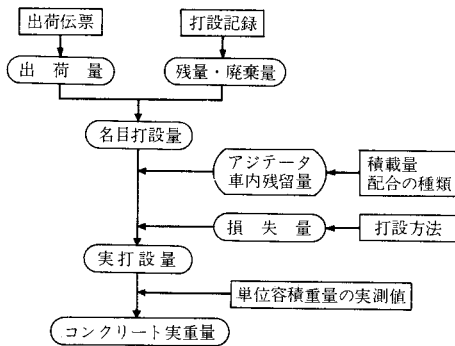


図-12 コンクリートの重量管理フロー図

ルにより実測して求めた。また、実打設量のチェックの意味で単位容積のマスを作り締固めによる体積減少を測定したが、その結果、今回の配合では通常の締固めによる体積の減少は約3%であった。

フレッシュコンクリートの単位重量のヒストグラムを図-13に示すが、いずれの配合も変動係数は1%前後であり、非常に安定した値を示した。

このようにして求めた吃水と実際の浮上時の吃水の誤差は1%であり、非常に良好な結果を得た。

6. 本工事に用いたコンクリートの特性

本工事で用いたそれぞれの配合のコンクリートについて

表-10 材令56日のコンクリートの圧縮強度

配 合	試料数	平均強度 (kgf/cm ²)	標準偏差 (kgf/cm ²)	変動係数 (%)
LF (底 版)	24	646	48	7.4
LS (外 壁)	63	631	42	6.7
NF (内壁・せん断壁)	88	775	51	6.6
LF-N (頂 版)	27	615	36	5.9

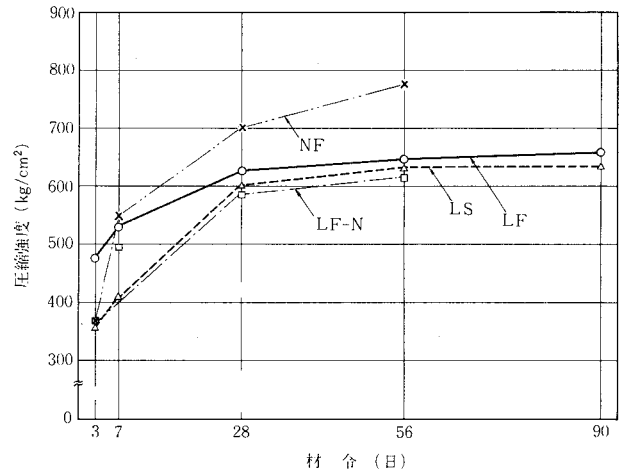


図-14 コンクリートの材令強度曲線

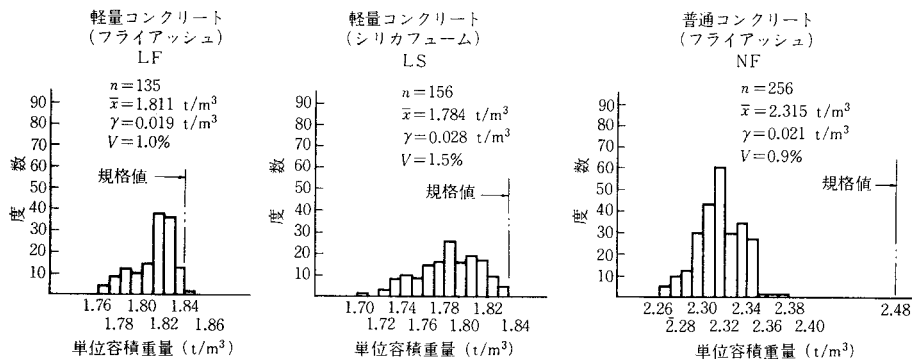
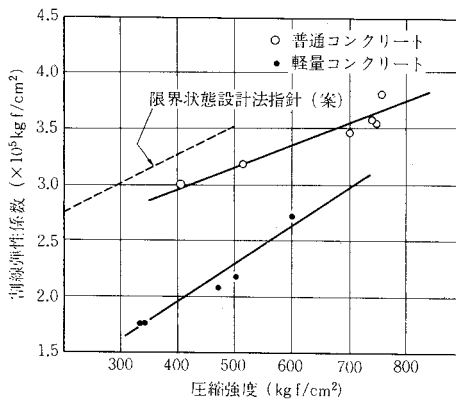


図-13 コンクリートの単位容積重量のヒストグラム



図一15 圧縮強度と割線弾性係数の関係

表一11 材令56日のコンクリートの引張強度

配 合	試料数	平均引張強度 (kgf/cm ²)	標準偏差 (kgf/cm ²)	引張強度 圧縮強度
LF (底 版)	21	55.4	5.5	0.071
LS (外 壁)	13	49.4	6.5	0.075
NF (内壁・せん断壁)	5	47.9	2.8	0.074
LF-N (頂 版)	3	46.4	3.9	0.077

て、材令56日の圧縮強度と変動係数を表一10に、材令強度曲線を図一14に示す。また図一15に圧縮強度と割線弾性係数の関係を示すが、普通コンクリートの割線弾性係数は土木学会限界状態設計法指針(案)に示された値より若干小さい値を示している。

材令56日の割裂試験による引張強度結果は、表一11に示すようであり、いずれの配合も圧縮強度の1/13程度の値を示している。

7. おわりに

以上、北極海での厳しい海洋、気象条件下で供用される海洋コンクリート構造物の建設記録と品質管理活動について述べた。

最近、コンクリート構造物の早期劣化が話題となっており、被害対策や耐久性の確保についての関心が高まっている。特に海岸から約500m以内にあるコンクリート橋の塩害調査結果も発表され、外部からの塩分の浸透蓄積によって鉄筋の急速な腐食が顕在化したことが実体として報告されている。また海洋コンクリート構造物を対象に鉄筋の防食方法についても研究されており、防食指針(案)も出されている。同時にコンクリート施工時における耐久性への安易な取組み方が劣化を早めているのではないかという危惧もある。

このような現状を踏まえて、日本の沿岸よりさらに厳しい環境条件下にある北極海に、設計耐用年数25年のコンクリートを主構造とする移動式人工島を実現するた

めに、本工事では現状で考え得る技術を結集するとともに、総合的品質管理手法を徹底して実行する方針で臨んだ。

品質、コスト、工期、安全性に関する各管理項目についての改善を繰返し実施した結果、アメリカ沿岸警備隊およびアメリカ船級協会から派遣された常駐検査官の厳しい品質審査に合格し、本工事は所定の短期限内に完成することができた。特に予測される凍結融解作用による劣化、水和熱によるひびわれの発生や鋼材の発錆などコンクリート構造物の劣化現象に対する耐久性を重要品質としてとらえ、施工に先立って各種の実験により品質管理限界値を設定し、施工時に重点管理したことが品質の確保に役立った。

Super CIDSはその後ベアリング海峡を通過し、予定どおり昭和59年8月13日、ボーフォート海沿岸に設置が完了され、石油試掘が開始されている。飛沫部に位置するコンクリート部分は凍結融解と氷圧力の繰返し作用をこれから受けることになるが、これらに対する耐久性能は今後の供用期間を通じて確認されてゆくことであろう。

北極海で冬期を通じての試掘を初めて可能にした海洋コンクリート構造物をアメリカの土木界に先がけて実現した日本の施工技術が長い年月を通じて実証されてゆくことと確信する。

最後に、コンクリートの諸試験と建造中の諸問題に対してご指導いただいた東京工業大学 長滝重義教授およびオーナーのGMDIの各位に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 橋 大介ほか：高強度軽量コンクリートの凍結融解性に関する研究、第6回コンクリート工学年次講演会論文集、1984-7。
- 2) 大野義郎ほか：極寒地向け海洋構造物のための軽量コンクリートの研究、セメント・コンクリート、No. 450、1984-8。
- 3) 大野義郎：北極海石油掘削人工島について、Coastal Development, (財)沿岸開発技術研究センター、1984-10。
- 4) 中島東洋彦ほか：北極海向けPRC人工島の設計・施工、プレストレストコンクリート、26巻6号、1984-12。
- 5) Sadamu Ono ほか：Evaluation of a prediction model for Thermally Induced Cracks in High Strength Lightweight Concrete, 土木学会論文集V、1985-2。
- 6) 渡辺稔浩：氷海向鋼/コンクリート複合型人工島“Super CIDS”について、JSSC, Vol. 20, No. 219、1984-12。
- 7) Toyohiko Nakajima ほか：Control of Thermal Cracking in the Construction of Offshore Concrete Structures, ACI 1984 Fall Convention ACI Committee 357 Offshore Concrete Structures (PART III)、1984-11。

(1984.11.2・受付)