

原子力第一船の遮蔽コンクリート工事

久 富 洋
堀 口 寛
立 部 正 則
高 田 博 尾

§ 1. 序

本報告はわが国における最初の、また世界でも第4番目にあたる商用原子力船「むつ」の遮蔽コンクリート工事に関するものである。本工事は量的にはわずか500㎡の遮蔽コンクリートの施工に過ぎない。しかし工事がわが国における前例のないものであり、また不確定要素が極めて多く、そのために工事に先立つて多項目の施工法確認試験を含む基礎的な試験ならびに調査が必要とされた。その結果の中には、一般の遮蔽コンクリート工事に普遍し得るものが極めて多い。たとえば2種類の粗骨材を混合して使用する方法、砂鉄を使用したプレキャストモルタルの施工方法など過去の報告に乏しい幾つかの実験的研究がある。

本工事は、そもそも建設業者が船舶内にコンクリートを打設したという事実を始めとする特殊性もあるが、それに感わされることなく、むしろ本報告によって遮蔽コンクリート工事の本質、すなわち充填性^{注1)}と比重管理そしてその保証をいかに行ったかを認識すべきものと考える。

§ 2. 工事概要

2.1 原子力第一船の概要

表-1に示す。

またその一般配置図を図-1に、外観を写真-1に示す。

2.2 原子力第一船の遮蔽の概要

図-2、および図-3に示す。

一般に原子力機器から放射され、人体に対する遮蔽を必要とする放射線はガンマ線および中性子線である。ガンマ線は密度の高い物質により、また中性子線は水素含有量の多い物質によって効果的に遮蔽される。前者に対

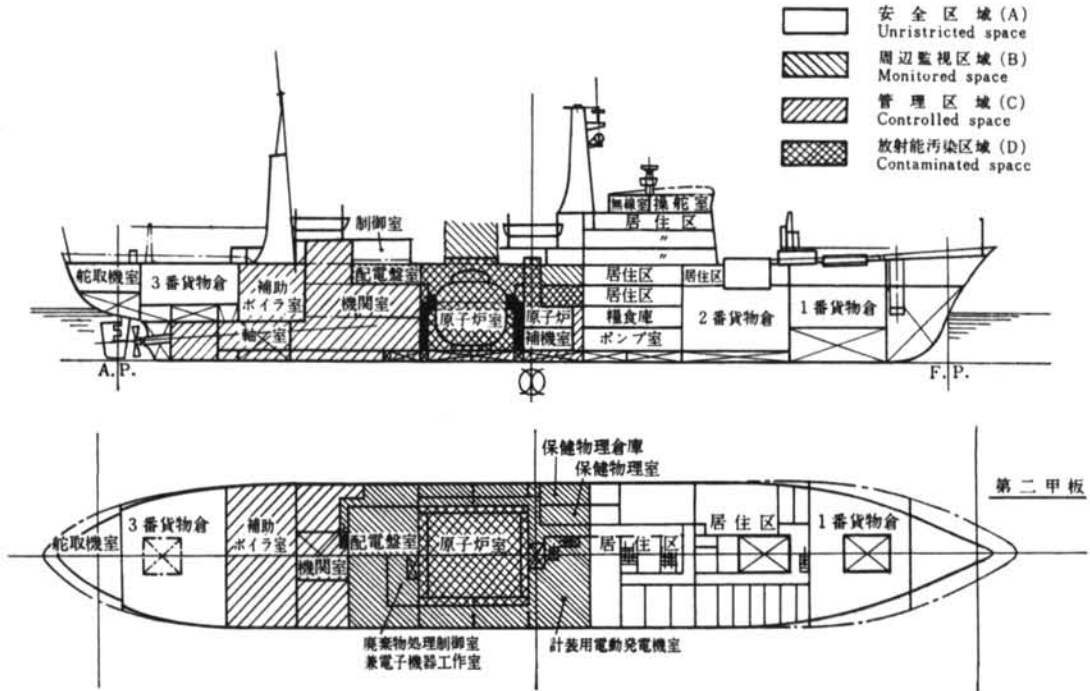
起 工	68年11月27日
進 水	69年6月12日
完 成	70年7月(船体)
船 種	原子動力実験船
全 長 (m)	130.00
垂 線 間 長 (m)	116.00
型 巾 (m)	19.00
型 深 (m)	13.20
満 載 吃 水 (m)	6.90
満 載 排 水 量 (t)	10,400
総 電 数 (T)	8,200
載 貨 重 量 (t)	2,400
乗 員 数	
乗 組 員	59
そ の 他	実験員 20
計	79
航 海 速 力 (Kt)	16.5
補 助 推 進 速 力 (Kt)	10.0 (補助ボイラ)
主 機 型 式	蒸気タービン
主 機 出 力 (MCR)	10,000 P S
補 助 ボ イ ラ	18t/h×1
原 子 炉 形 式	間接サイクル軽水型
熱 出 力	36MW×1
蒸 気 発 生 器	30.6t/h×2

表-1



写真-1 原子力第一船「むつ」の外観

注1) 本報告においては、コンクリートおよびモルタルの単位容積重量を比重と表現する。これに対して骨材等の比重は、比重(表乾)のごとく表現して区別する。



図一 一般配置図

しては、鉛および鉄等が、後者に対しては水およびポリエチレンが一般に使用される。本船において、原子炉格納容器上側の生体遮蔽（二次遮蔽）に、鉛およびポリエチレンを併用しているのは、この両放射線の遮蔽を考慮したものである。これに対してコンクリートは同時に両放射線に対する遮蔽効果を持ち、そのうえ同一コンクリート壁厚においてもその比重の調整によって遮蔽効果を変え得ること、任意の形状に製造し得ること、比較的低価格であることなどの利点があり、本船においても四周の遮蔽壁および台甲板部に使用されている。コンクリートにはこのほかそれ自身が構造体として使用できる利点がある。しかし船舶の場合にはコンクリートと一般船体構造との接合処理が困難であるため、本船においてもコンクリートは無筋であり構造体としての期待をもたせておらず、また船殻構造との絶縁を考慮してある^{注2)}。

本船における二次遮蔽は、前述した格納容器上側の、取外し式遮蔽部以外は、極力コンクリートによって行っている。

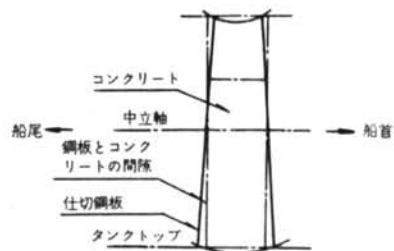
2.3 遮蔽コンクリート工事の概要

本報告に述べられる遮蔽コンクリート工事の範囲は、図一4に示されるダクト、台甲板、遮蔽壁の各部ほか、格納容器の一部に重モルタルをグラウトするものを含む。その比重ならびに計画概算量を表一2に示す。

2.4 本工事の特殊性

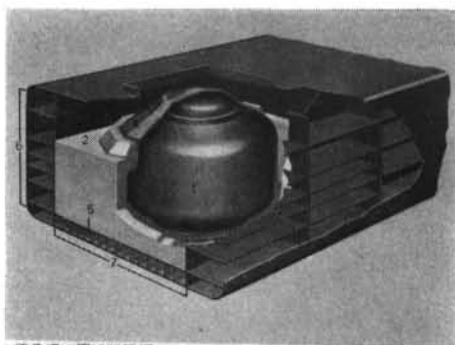
本工事が一般の遮蔽コンクリート工事と趣を異にする

注2) 柔構造である船舶構造の一部に、コンクリートのような剛性の高い部分があることは構造上の問題点である。常時波浪の影響によって変形が繰返されている船殻の一部に14.6m×8.3m×1mのコンクリート壁が存在する場合、その接続点はいずれかの構造に破壊をもたらす危険性を持つ。これを防ぐために、船舶の設計者はコンクリート壁を鉄板で仕切り、幅1.5m程度の羊羹状のコンクリートを立てて並べた形に配置し、これが部分部分の船殻の挙動に追従するように計画している。またコンクリートと船殻の付着を防ぐために、船殻の鉄板には塗装を施している。これらを船殻とコンクリートとの非一体構造と称している。(図一5)



(注) 原子炉室側部の縦通隔壁部コンクリートがサギングモーメントを受けた場合。

図一5 船体がたわんだ場合の鋼板とコンクリートとの間隙



原子炉室周辺断面図

- 1 原子炉格納容器
- 2 重コンクリート壁へい (ガンマー線、中性子線の遮へい用)
- 3 鉛壁へい (重として、ガンマー線の遮へい用)
- 4 ポリエチレン壁へい (主として、中性子線の遮へい用)
- 5 船底部の重へい用水
- 6 射撃架構造
- 7 射撃機構造

図-2 原子炉室周辺断面図

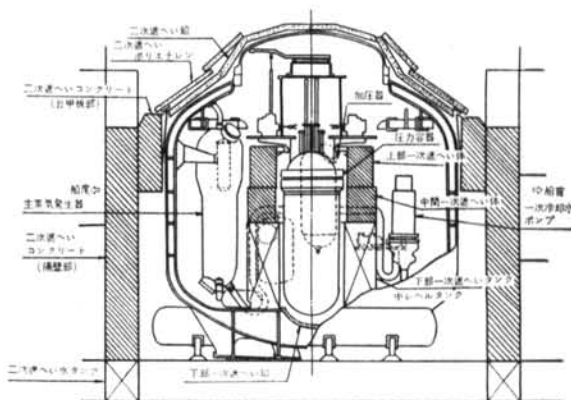


図-3 放射線源および遮蔽配置図(炉中心より左舷を見る)

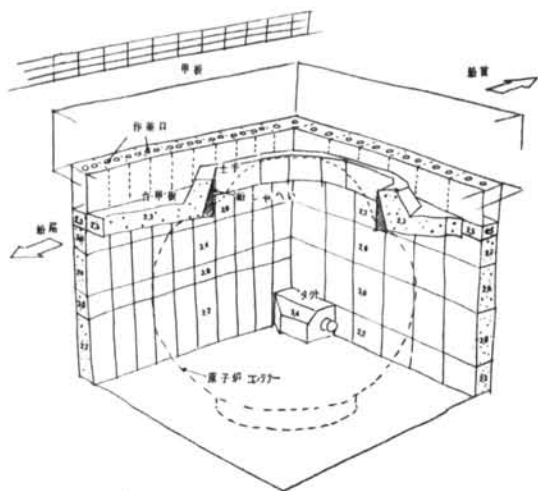


図-4 遮蔽コンクリートの概要

	比 重	数 量
ダ ク ト 部	3.4	5m ³
コンテナ-モルタル	2.3	2m ³
船 殻 部	2.2	116m ³
	2.3	33m ³
	2.5	8m ³
	2.6	25m ³
	2.7	53m ³
	2.9	18m ³
	3.0	100m ³
3.4	44m ³	
台 甲 板 部	2.4	99m ³
台甲板モルタル	2.7	6m ³
扉 下 モルタル	2.7	1m ³
	合 計	505m ³

表-2 遮蔽コンクリート内訳

特殊性は次のとおりである。

i) 仕様比重の多様性とその精度確保

従来、陸上の原子力施設に対する遮蔽コンクリートを計画する場合、その重量に対する制約はそれほど厳密である必要はなく、コンクリート比重も2~3種類に整理されたものを仕様とし、それも通常比重の下限のみを規定したものが多く、したがって施工側はコンクリート材料のバラッキおよび施工誤差、さらにコンクリートの乾燥による比重低下を見込んで、仕様比重よりもかなり過大な比重のコンクリートを調合し使用している。要するに多少重過ぎてもしつつかえない場合が大部分であったわけである。

これに対して船舶の場合は、重量に対する考え方が極めて厳重になってくる。遮蔽コンクリートの重量増加は船舶の自重の増加となり、すなわち積載貨物許容量の減少を意味する。本船の場合、船の総トン数8,200Tに対してコンクリート量約500m³、平均比重を3.0と仮定して1,500Tに達するデッドロードとなり影響するところ極めて大である。遮蔽コンクリートの設計が図-4および表-2に示されるように8種類にわたるコンクリート比重を仕様しているのは、これら重量経済、ならびに工費低減の要求に従ったもので、局部的な遮蔽性能に応じたコンクリート比重を配置したものである。さらにそのバラッキの幅を可能な限り狭くすることが要求されている^{注3)}。

ii) 充填性の確保

一般の遮蔽コンクリート工事においても充填性が無視

注3) コンクリート比重のバラッキ幅は数字では規制されず極力小さくするように要請されている。施工法確認試験の結果に基づいて、可能性のある目標値が定まることになる。ただし下限を切らないことは当然である。

されて良い筈はない。本工事において特にこれを強調するのは次の理由による。

船は船殻構造を完成し、それを貫通するパイプ類、格納容器支持構造^{注4)}である水平ブラケット等の補強材を取付けて進水し、その後に船殻内にコンクリートを打設する工程となる。これらの複雑な船殻構造、とくに水平部材の下側に対して良好な充填性を確保することが要求されたものである^{注5)}。

iii) プレパクト工法の採用

前2項の条件を満足させるために、プレパクト工法を採用する。これは本船の計画段階において、当社と造船側との検討期間中にプレパクト工法の適性が認められた結果である。

vi) 施工法確認試験

一般にコンクリートは打設硬化後に検査をすることが難しい。したがってテストピースによる検査が一般化している。遮蔽コンクリートに関して、その比重、充填性に関する検査も同様である。また、打設後のコンクリート体に関して欠陥が認められたとしても、この補修は事実上不可能に近い。

これらの施工上の条件を前提として、しかも施工の確実性を確保するために、工事に先立つてあらゆる確認試験を行ない、施工要領、検査要領を確立し、品質管理をこれに従って実施することが義務づけられている。

施工法確認試験に関しては§4. に詳細を述べるが、使用材料の物性調査、調査、施工法、検査方法等を網羅した工事仕様書に等しい内容を持つ。施工法確認試験はすべて施主である石川島播磨重工業株式会社(IHI)、および事業団、運輸省、日本海事協会等の立合いのもとに実施された。

公式の施工法確認試験以外にIHIと当社の打合せに基く幾つかの試験が行なわれている。この中にはプレパクト工法による船殻のたわみ量に関するもの、コンクリートと船殻のシールに関するものなどがあり、あわせて§4. に述べる。

注4) 格納容器は四方から摺動性を持つ支持構造によって支えられている。その支持構造の一部がコンクリート遮蔽を横断する3~4段の水平ブラケット鉄板となっている。図-6のように工事用のアクセスホールはあけてあるが、この下側にコンクリートを充填することはなかなか難しい作業である。

注5) 進水前に遮蔽コンクリートを打設する工程も考えられたが、進水荷重を増加させることになり採用されなかったという。

§ 3. 工事工程ならびに工事場所

実施工程を図-7示す。

ダクト工事は船底にあるダクト周辺の遮蔽コンクリート工事であり、格納容器の吊込み以前に実施するものである。

グラウト工事は、格納容器の一部に重モルタルを充填する内容を持つ。これは格納容器を製造中のIHI横浜根岸工場内(地上)で実施されるものである。

施工法確認試験は清水建設研究所塩浜分室で実施された。前2項の工事は本試験前に実施されたため、個々の試し練り等によってその仕様を定めたものである。

ダクト工事ならびに船内工事は、進水後の原子力船上で実施された。本船は進水後引渡しまで、IHI豊洲第2工場の岸壁に係留され、船舶の艀装工事、鉛およびポリエチレンによる遮蔽工事等が行なわれている。遮蔽コンクリート工事は他の工事と重複することなしに75日間の工程中に実施することを要請されていたが、これを工程表のように短縮したものである。



図-7 実施工程

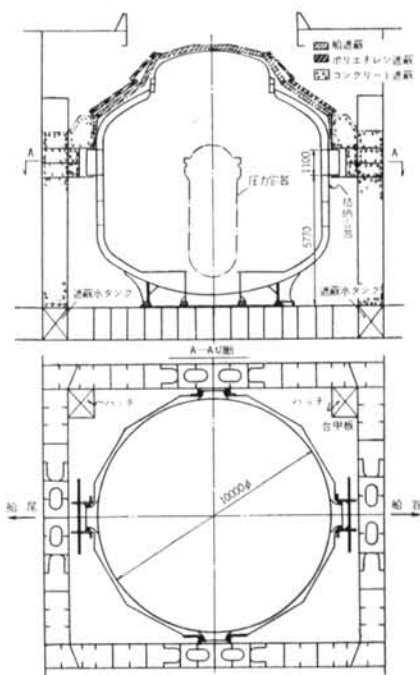


図-6 格納容器支持構造

§ 4. 施工法確認試験

4.1 施工法確認試験の目的

前章に述べた通り、本工事の施工に先立って使用材料の調査、施工実験等によって、工事の施工指針を確立し、また検査基準を定めることを目的としている。本章には公式な施工法確認試験項目以外の試験記録も併記してある。

4.2 試験項目

本試験は以下に述べる5項目について行なった。

- (1) プレパクト重コンクリートの調合計画に関する試験
- (2) 比重管理に関する試験
- (3) プレパクト重コンクリートの内部欠陥調査に関する試験
- (4) 施工指針決定に関する試験
- (5) プレパクト重コンクリートの1回の打設高さ決定に関する試験

4.3 プレパクト重コンクリートの調合計画に関する試験

4.3.1 プレパクト重コンクリートの調合設計の方針

プレパクト重コンクリートの調合設計をする場合の設計比重は(1)式によって示される。

$$\rho_c = \rho_{ca} + \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 \quad \dots(1)$$

式中で ρ_c :設計比重(コンクリート打設直後の比重)

ρ_{ca} :仕様比重

α_1 :プレパクト重モルタルの膨張によるコンクリート比重の減少分

α_2 :プレパクト重コンクリートの乾燥による比重減少分

α_3 :粗骨材の比重、実積率のバラツキによるコンクリート比重のバラツキ幅+プレパクト重モルタルの比重のバラツキによるコンクリート比重のバラツキ幅

プレパクト重コンクリートの比重は(2)式によって表示される。

$$\rho_c = \rho_a \times V_a + \rho_m (1 - V_a) \quad \dots(2)$$

式中で ρ_a :粗骨材の比重

V_a :粗骨材の実積率

ρ_m :プレパクト重モルタルの練り上り比重

プレパクト重コンクリートの調合を行なう場合は、(1)式により仕様比重から設計比重を求める。次に粗骨材の比重および実積率を決めると、プレパクト重モルタルの比重が求められる。従って所定のプレパクト重モルタルの比重になるように、調合を定めれば良いことになる。

4.3.2 使用材料

試験に使用した材料は、本工事に使用する材料と同じものである。

セメント:普通ポルトランドセメント(小野田セメントKK製)

混和材:フライアッシュ(東電フライアッシュ工業KK製)

混和剤:イントルージョンエイド(日本コンケムKK製)

細骨材:川砂(利根川産)
:砂鉄(千葉飯岡産)

粗骨材:川砂利(相模川産)
:鉄鉱石(チリ産)

使用水:水道水

各使用材料の試験結果を表-3、4、5、図-8、9に示す。

セメント	比重	粉末度 (88M残分)	凝結時間		異常凝結性	安定性
			始発	終結		
	3.20	1.0%	h_{2-00}	h_{4-30}	なし	良
フライアッシュ	比重	粉末度 (44M残分)	単位水量比	圧縮強度比		
				28日	91日	
	2.23	10.5%	95	75	90	

表-3 セメント・フライアッシュの物理試験結果

	川砂	砂鉄
粗粒率	1.68	0.92
粒大	0.6 mm以下	0.15 mm以下
比重	2.61	4.59
単位体積重量	1518 kg/m ³	2,690 kg/m ³
吸水率	1.7%	0.6%
有機不純物	合格	
塩化物含有量	0.005%	

表-4 細骨材の物性

	川砂利	鉄鉱石
粗粒率	8.03	8.00
粒大	40 mm以下	40 mm以下
比重	2.70	4.40
単位体積重量	1,674 kg/m ³	2,598 kg/m ³
吸水率	1.7%	0.7%
空隙率	38.7%	41.8%

表-5 粗骨材の物性

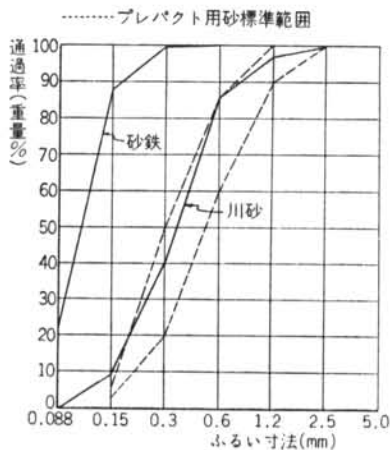


図-8 細骨材の粒度分布

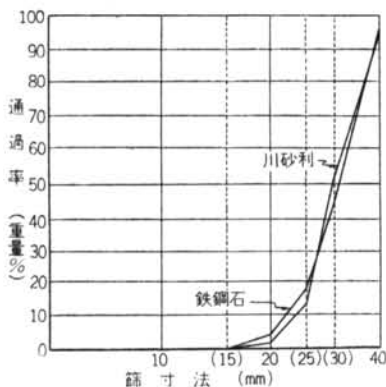


図-9 粗骨材の粒度分布

4.3.3 混合粗骨材料

川砂利と鉄鉱石を混合した場合の比重、および実積率と混合割合との関係を調べた。

試験結果を表-6, 7, 図-10, 11に示す。

4.3.4 プレバクト重モルタルの比重

プレバクト重モルタルの調合比を変化させた場合の、物理的性質について試し練りを行ない試験した。

(1) 実験計画

実験は表-8に示す要因の組合せによって行なった。

(2) 試験

試験は、コンシステンシー試験、膨張率・ブリージング率試験、比重測定、空気量測定を行なった。また、φ15×h30テストピークによって、比重測定も行なった。

(3) 試験結果

(イ) プレバクトモルタルの調合と比重との関係

川砂を使用したプレバクト重モルタルの試験結果を、表-9に示す、また、砂鉄を使用したプレバクト重モルタルの試験結果を表-10に示す。

No	1	2	3	4	5	
鉄 鉱 石 × 100 川 砂 利 + 鉄 鉱 石 (%)	0	25	50	75	100	
比 重	1	2.70	3.03	3.43	3.77	4.42
	2	2.71	2.98	3.28	3.83	4.44
	3	2.70	2.97	3.35	3.70	4.35
	4	2.68	—	3.49	3.80	4.35
	5	2.70	—	—	—	4.33
	6	2.70	—	—	—	4.49
	7	—	—	—	—	—
	8	—	—	—	—	4.45
	9	—	—	—	—	4.34
	10	—	—	—	—	—
比重の平均値	2.70	2.99	3.39	3.78	4.40	
標準偏差	0.01	0.03	0.08	0.05	0.06	
変動係数	0.37	0.88	2.34	1.3	1.31	

表-6 混合割合と比重との関係

No	1	2	3	4	5	6	
鉄 鉱 石 × 100 川 砂 利 + 鉄 鉱 石 (%)	0	25	50	75	82	100	
実 積 率 (%)	1	60.8	61.5	60.6	59.9	59.9	57.9
	2	62.8	61.6	60.2	59.8	59.5	57.9
	3	61.0	61.2	61.1	60.1	58.7	58.1
	4	61.3	—	—	—	58.0	58.7
	5	60.8	—	—	—	59.7	58.9
	6	60.8	—	—	—	—	58.0
	7	—	—	—	—	—	—
	8	—	—	—	—	—	—
	9	—	—	—	—	—	—
	10	—	—	—	—	—	—
実積率の平均値	61.3	61.4	60.6	59.9	59.2	58.3	
標準偏差	0.72	0.17	0.37	0.13	0.71	0.40	
変動係数	1.17	0.28	0.61	0.22	1.20	0.69	

表-7 混合割合と実積率との関係

プレバクトモルタルの調合と比重との関係は S/C+F が増加すると比重は一次的に増加する。図-12, 13に示す。川砂使用プレバクト重モルタルの比重の範囲は、

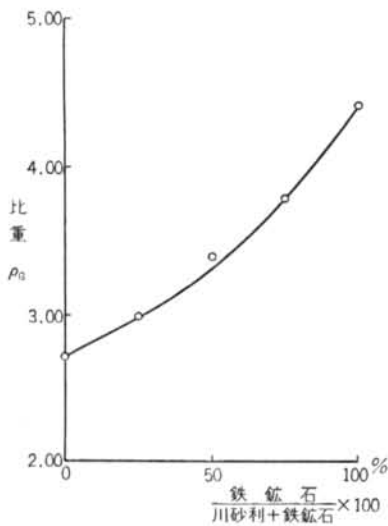


図-10 混合割合と比重との関係

1.90~2.00であり、砂鉄使用プレバクト重モルタルの比重の範囲は2.00~2.70と考えられる。

(c)プレバクトモルタルの比重と材令との関係

プレバクトモルタルの比重と材令との関係を表-11に示す。

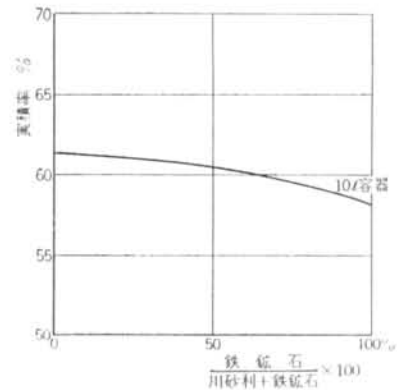


図-11 混合割合と実積率との関係

F/C+F	RS/C+F	IS/C+F
44.4%	0.4~0.7	0.4~0.7
28.6%		1.0~2.0
0		

表-8 要因表 (注) C:セメント
F:フライアッシュ
RS:川砂
IS:砂鉄
IA:イントルージョンエイド

No.	C:F:S (重量比)	W/C+F (%)	F/C+F (%)	S/C+F	IA/C+F (%)	フロー値 (sec)	空気量 (%)	膨張率ブリー ジック率 B		比重
								E	B	
1	1:0.8:0.72	42.0	44.4	0.40	1.0	16.7	8.5	8.5	1.9	1.91
2	1:0.8:0.90	41.5	"	0.50	"	18.9	0.9	8.3	2.7	1.97
3	1:0.8:1.08	42.5	"	0.60	"	18.9	1.1	8.1	3.0	1.98
4	1:0.8:1.26	43.5	"	0.70	"	20.8	0.6	6.3	2.1	2.00

表-9 川砂使用プレバクトモルタルの試験結果

No.	C:F:S (重量比)	W/C+F (%)	F/C+F (%)	S/C+F	IA/C+F (%)	フロー値 (sec)	空気量 (%)	膨張率ブリー ジック率 B		比重
								E	B	
1	1:0.4:0.56	41.0	28.6	0.40	1.0	20.8	0.7	12.9	2.0	2.12
2	1:0.4:0.70	42.0	"	0.50	"	19.2	0.4	12.2	2.1	2.18
3	1:0.4:0.84	43.0	"	0.60	"	16.8	0.7	13.2	3.6	2.23
4	1:0.4:0.98	43.0	"	0.70	"	17.4	0.3	13.1	3.3	2.31
5	1:0:1.0	48.0	0	1.0	"	17.2	1.8	12.5	2.3	2.44
6	1:0:1.1	48.0	"	1.1	"	19.5	1.1	10.8	2.7	2.46
7	1:0:1.2	49.0	"	1.2	"	18.4	1.3	11.3	3.7	2.51
8	1:0:1.3	49.5	"	1.3	"	22.4	0.8	9.4	4.9	2.58
9	1:0:1.4	50.5	"	1.4	"	19.4	1.4	10.3	5.1	2.58
10	1:0:1.8	56.5	"	1.8	"	21.2	2.0	9.6	4.7	2.65
11	1:0:2.0	59.0	"	2.0	"	21.9	1.4	8.7	5.3	2.68

表-10 砂鉄使用プレバクトモルタルの試験結果

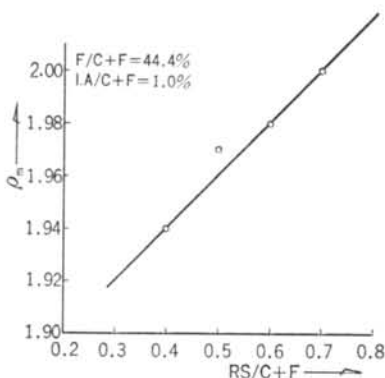


図-12 RS/C+Fとモルタル密度 ρ_m との関係

プレパクトモルタルの膨張による比重低下は、川砂モルタルの場合は大略0.11であり、砂鉄モルタルの場合はフライアッシュ混和率によって異なるが0.16~0.20である。プレパクトモルタルの乾燥による比重低下は、川砂・砂鉄モルタル両者とも大略0.06である。

4.3.5 プレパクト重コンクリートの比重

前述した粗骨材の物性試験、プレパクトモルタルの比重試験結果から、プレパクト重コンクリートの比重2.20~3.40の8種類の調査設計を行ない、 $\phi 15 \times h 30$ テストピースによって比重測定を行なった。

(1)調査設計

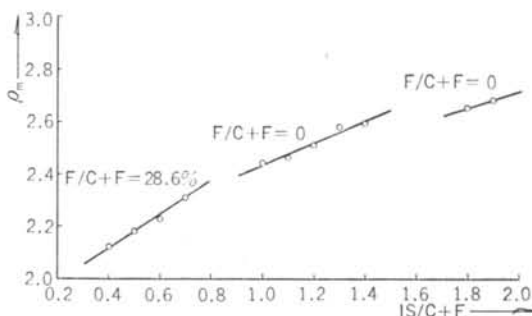


図-13 IS/C+Fとモルタル密度 ρ_m との関係

ρ_{eo}	ρ_c	α_1	α_2	α_3	$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3$
2.20	2.32	0.05	0.03	0.04	0.12
2.30	2.43	0.06	0.03	0.04	0.13
2.50	2.63	0.04	0.03	0.06	0.13
2.60	2.74	0.05	0.03	0.06	0.14
2.70	2.85	0.06	0.03	0.06	0.15
2.90	3.04	0.05	0.03	0.06	0.14
3.00	3.15	0.06	0.03	0.06	0.15
3.40	3.53	0.04	0.03	0.06	0.13

表-12 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ の値

No.	C : F : S (重量比)	W/C+F (%)	$\phi 15 \times 30$ cmテストピースによるモルタル密度						
			練り上り	3時間後	2日後	3日後	7日後	14日後	28日後
1	1 : 0.8 : 0.72	42.0	1.90	1.79	1.75	1.69	1.64	1.68	1.59
2	1 : 0.8 : 0.90	41.5	1.98	1.85	1.77	1.74	1.70	1.68	1.66
3	1 : 0.8 : 1.08	42.5	1.97	1.86	1.82	1.78	1.74	1.71	1.70
4	1 : 0.8 : 1.26	43.5	1.99	1.86	1.84	1.79	1.74	1.72	1.70
5	1 : 0.4 : 0.56	41.0	2.13	1.92	1.86	1.82	1.80	1.78	1.77
6	1 : 0.4 : 0.70	42.0	2.19	1.98	1.92	1.89	1.86	1.85	1.84
7	1 : 0.4 : 0.84	43.0	2.22	2.02	1.98	1.95	1.92	1.90	1.89
8	1 : 0.4 : 0.98	43.0	2.31	2.13	2.05	2.02	1.99	1.97	1.97
9	1 : 0 : 1.00	48.0	2.42	2.23	2.16	2.14	2.12	2.11	2.11
10	1 : 0 : 1.10	48.0	2.47	2.29	2.23	2.21	2.19	2.18	2.16
11	1 : 0 : 1.20	49.0	2.53	2.35	2.28	2.25	2.23	2.22	2.21
12	1 : 0 : 1.30	49.5	2.60	2.45	2.40	2.38	2.36	2.34	2.34
13	1 : 0 : 1.40	50.5	2.56	2.40	2.34	2.33	2.30	2.28	—
14	1 : 0 : 1.80	56.5	2.63	2.49	2.43	2.41	2.39	2.36	—
15	1 : 0 : 2.00	59.0	2.74	2.61	2.53	2.51	2.48	2.45	—

表-11 プレパクトモルタルの比重と材令との関係

プレバクト コンクリー トの密度	プレバクトモル タルの配合 C:F:S (重量比)	プレバクト モルタルの 密度	W/C+F %	細 骨 材				粗 骨 材			
				川砂の 比 重	砂鉄の 比 重	川 砂 %	砂 鉄 %	川砂利 の比重	鉄鉱石 の比重	川砂利の重量 鉄鉱石の重量	粗骨材 実積率
2.20 (2.37)	1:0.8:0.72	1.91	41.0	2.61	—	100	0	2.70	—	100:0	58.1
2.30 (2.43)	1:0.4:0.44	2.06	40.0	—	4.59	0	100	2.70	—	100:0	58.1
2.50 (2.63)	1:0:1.25	2.54	49.8	—	4.59	0	100	2.70	—	100:0	58.1
2.60 (2.70)	1:0.8:0.72	1.91	41.0	2.61	—	100	0	2.70	4.40	$\rho_G=3.34$ 48:52	57.6
2.70 (2.85)	1:0.4:0.70	2.18	42.0	—	4.59	0	100	2.70	4.40	$\rho_G=3.34$ 48:52	57.6
2.90 (3.04)	1:0.8:0.72	1.91	41.0	2.61	—	100	0	2.70	4.40	$\rho_G=3.92$ 18:82	56.6
3.00 (3.15)	1:0.4:0.63	2.14	41.3	—	4.59	0	100	2.70	4.40	$\rho_G=3.92$ 18:82	56.6
3.40 (3.53)	1:0:1.05	2.45	47.3	—	4.59	100	100	—	4.40	0:100	55.6

表—13 調査設計表

ρ_{ca}	ρ_c	フロー値 (sec)	空 気 量 (%)	膨張率E, プリ —ジック率B		モルタル 密 度	プレバクト重コンクリートの密度					
				E %	B %		練り上り	3時間後	2日目	3日目	7日目	28日目
2.20 (2.37)	21.2	0.9	13.2	2.8	1.91	2.37	2.32	2.29	2.25	2.25	—	
2.30 (2.43)	25.5	2.1	11.5	2.3	2.06	2.45	2.41	2.38	2.35	2.35	※	
2.50 (2.63)	22.4	1.0	9.7	3.9	2.60	2.65	2.62	2.59	2.57	2.57	—	
2.60 (2.74)	24.5	2.2	11.2	2.7	1.89	2.81	2.77	2.74	2.71	2.70	—	
2.70 (2.85)	20.8	1.3	14.8	2.2	2.10	2.91	2.85	2.83	2.80	2.79	—	
2.90 (3.04)	24.4	2.4	11.1	2.8	1.88	3.08	3.04	3.02	2.99	3.99	—	
3.00 (3.15)	19.5	1.1	13.2	2.3	2.19	3.21	3.16	3.14	3.11	3.11	—	
3.40 (3.53)	22.5	0.9	10.7	3.8	2.53	3.64	3.60	3.58	3.55	3.55	—	

※材令14日まで標準状態で養生し、以後80℃にて強制乾燥して測定した値である

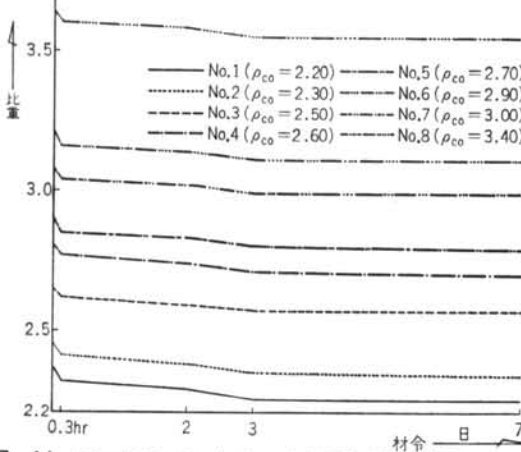
表—14 実験結果

プレパクト重コンクリートの仕様比重は、2.20, 2.30, 2.50, 2.60, 2.70, 2.90, 3.00, 3.40, の8種類である。プレパクト重コンクリートの設計比重を求める為の $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ は、前述のプレパクトモルタルの比重試験、及び粗骨材の物性試験結果より求めたものを採用した。表一10に $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ の計画値を示す。表一12の設計比重によりプレパクト重コンクリートの調査設計したものを、表一13に示す。

(2)実験結果

前述の表一11の調査によって、 $\phi 15 \times h 30$ テストピースを作製し試験した結果を、表一12に示す。プレパクト重コンクリートの比重測定結果は、図一14に示すように比重低下となっている。

実測結果と調査設計で用いた $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ の値とを比較すると、 α_1 については、実測値のほうが計画値よりも大略0.01小さくなっている。このことはプレパクトモルタルの純膨張率が4~8%小さくなっていることに原因があり、セメントのアルカリ分の量のバラツキによるものと考えられる。



図一14 $\phi 15 \times h 30$ cmテストピースによる比重測定結果

ρ_{cc}	ρ_c	α_1	α_2	α_3	$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3$
2.20	2.37	0.05	0.03	0.09	0.17
2.30	2.48	0.06	0.03	0.09	0.18
2.50	2.67	0.05	0.03	0.09	0.17
2.60	2.81	0.05	0.03	0.13	0.21
2.70	2.93	0.07	0.03	0.13	0.23
2.90	3.12	0.05	0.03	0.14	0.22
3.00	3.24	0.07	0.03	0.14	0.24
3.40	3.61	0.05	0.03	0.13	0.21

表一15 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ の修正値

α_2 については、実測値と計画値はほぼ等しい結果が得られている。

以上の結果より、本工事の調査設計に使う $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ の修正値を表一15に示す。

4.4 比重管理に関する試験

本工事でのプレパクト重コンクリートの比重管理方法は、コンクリート打設後の非破壊試験が困難なことから事前管理をたてまえとした。すなわち、プレパクト重コンクリートの比重は、先詰めされる粗骨材の実積率、比重、および注入されるプレパクト重モルタルの比重によって決定されるものである。したがって、プレパクト重コンクリートの比重管理は、粗骨材の実積率、比重およびプレパクト重モルタルの比重を管理することに帰着される。

4.4.1 プレパクト重コンクリートの比重管理の方法

粗骨材の比重、実積率およびプレパクトモルタルの比重試験結果、各測定値の変動係数より、バラツキ幅を求めたのが表一16である。

表一14より調査計画に用いた α_3 と $\phi 15 \times h 30$ テストピースによる実測値とを比較すると多少差がある。テストピースによる実測値を考慮して、バラツキ幅を修正した値を表一17に示す。

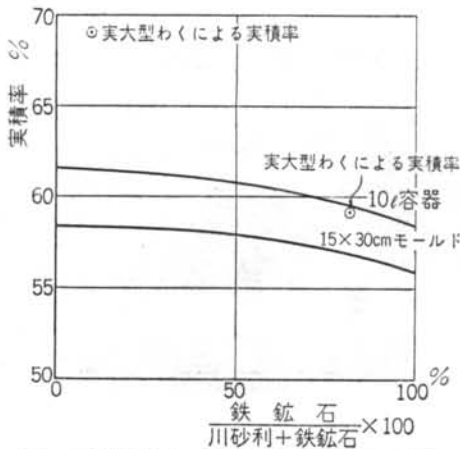
以上の結果から、プレパクト重コンクリートの比重管理方法は、粗骨材基地に入場した粗骨材について、比重および実積率の試験を行ない、試験値が表一15の範囲にあることを確認して出荷する。またプレパクトモルタルについては、注入前に練り上がったモルタルの比重測定を行なって、表一15のバラツキ幅内にあることを確認して注入する。以上の方法で充分比重管理はできるが、 $\phi 15$

骨材の種類	計 画 値			α_3
	比 重	実積率	モルタル密度	
川 砂 利	± 0.01	± 0.6	± 0.03	0.04
混 合 骨 材	± 0.08	± 1.0	± 0.03	0.06
鉄 鉱 石	± 0.06	± 0.4	± 0.03	0.06

表一16 粗骨材の比重、実積率、モルタル密度のバラツキ幅

骨材の種類	修 正 値		
	比 重	実積率	モルタル密度
川 砂 利	± 0.10	± 2.0	± 0.05
混 合 骨 材	± 0.10	± 3.0	± 0.05
鉄 鉱 石	± 0.10	± 2.5	± 0.05

表一17 修正値



図一15 各試験方法による実積率と混合割合との関係



写真一2 実物大型わくの実積率測定
×h30cmテストピースを採取して、比重の確認をも行なうことにした。

4.4.2 比重のスケールフェクト

プレバクトコンクリートにおける粗骨材の実積率は、プレバクトコンクリートの比重に直接影響を及ぼす。粗骨材の実積率の測定方法は、JIS A1104 による方法、 $\phi 15 \times h 30\text{cm}$ モールドによる方法、実大型わく ($1.0 \times 1.0 \times 1.5\text{m}$) による方法の3種類で行なった。試験結果を図一15に示す。実物大型わくを写真一2に示す。JIS A1104 による方法および $\phi 15 \times h 30\text{cm}$ モールドによる方法の測定結果では、前者よりも後者によるほうが実積率は小さくなりその差は大略2.7%である。また、JIS A1104 による方法と実大型わくによる方法とでは、ほぼ等しい結果を得た。

調合設計では、 $\phi 15 \times h 30\text{cm}$ モールドによる測定値を採用しているが、試験結果からこのことは安全側にあることがわかる。

4.5 プレバクト重コンクリートの内部欠陥調査

本工事のコンクリート打設で施工上難しい箇所は、貫通パイプ、水平板材等埋設物のある部分である。

問題点は、埋設物下端に粗骨材が十分に充填されるか、また、プレバクトモルタルが埋設物のまわりを十分に注入されるかどうかである。これらの問題点を実大型わく ($1.0 \times 1.5 \times 1.0\text{m}$) を使用して、プレバクト重コンクリートを打設し、内部欠陥の有無を調べた。

4.5.1 プレバクト重モルタルの流動こう配

プレバクトコンクリートの注入計画をする場合に、注入管の配置が問題となる。注入管の配置は、プレバクトモルタルが粗骨材の空き中を流れる時のこう配（これを流動こう配という）を考慮して、決定しなければならない。この流動こう配を実験によって求めた。

(1) 実験

実験は、型わくの大きさ $1.5 \times 0.55 \times 1.0\text{m}$ で、一面にアクリル板を張り、川砂利 ($40 \sim 15\text{mm}$) を先詰めして、型わく中央から注入管1本でプレバクト重モルタルを注入してその時の流動こう配を測定した。

これを写真一3に示す。

(2) 結果

プレバクト重モルタルの流動こう配と注入高さとの関係は、図一16に示すように、注入初期段階では流動こう配は増加し、注入高さ $30 \sim 40\text{cm}$ で最大値となり以後徐々に減少する。また、注入量が増加すると流動こう配は、一次的に増加する傾向にある。

(3) 注入管の配置

以上の結果より、流動こう配を考慮して1リフトが50cm位の時は1区画に2本、1mの場合は1本の配置で行



写真一3 モルタルの流動こう配測定

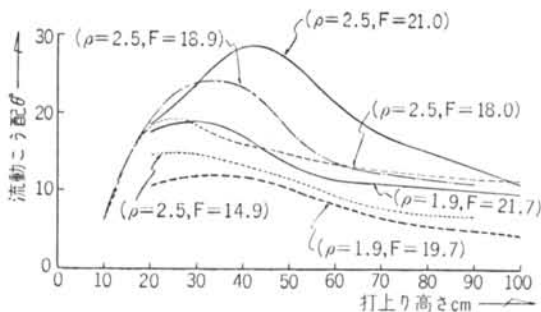
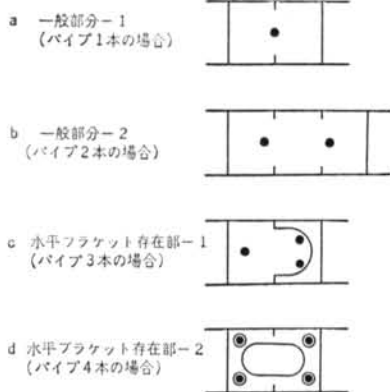


図-16 吐出量20/minにおける打上り高さと流動こう配との関係



(注) ●はモルタル注入パイプを示す。

図-17 注入管の配置

なう方針とした。それぞれの1区画内の注入管の配置を図-17に示す。

4.5.2 プレキャスト重コンクリートの内部欠陥調査

(1)実験

実験は、水平板材を入れた実大模型の型わくの中に比重3.0のプレキャスト重コンクリートを打設し、硬化後コーポリングによって内部断面を露出し、水平板材の下端の状態を観察した。写真-4にその部材を示す。

(2)実験結果

粗骨材の投入は、水平板材下端付近は突き棒(φ19mm)で突きながら投入することにより、充分先詰めできた。コーポリングの結果は、写真-5, 6に示すように水平板材下端も十分にモルタルが注入され、内部に欠陥があることは認められなかった。

4.6 施工指針決定に関する試験

前述の問題点のほかに、本工事で問題と考えられる点は、

(1)粗骨材の洗滌およびふるい分け方法

(2)粗骨材の混合方法

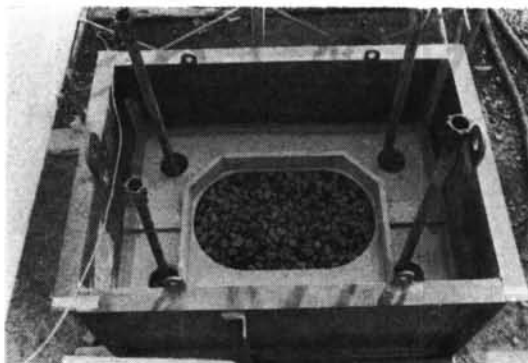


写真-4 水平部材

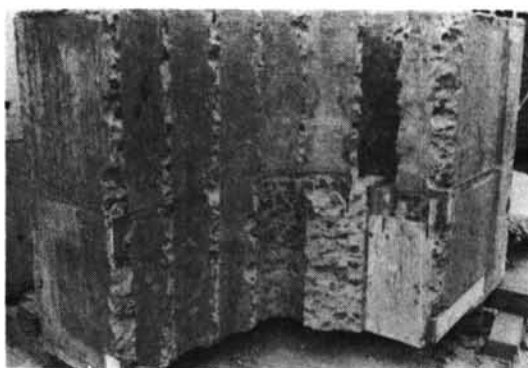


写真-5 コンクリート断面

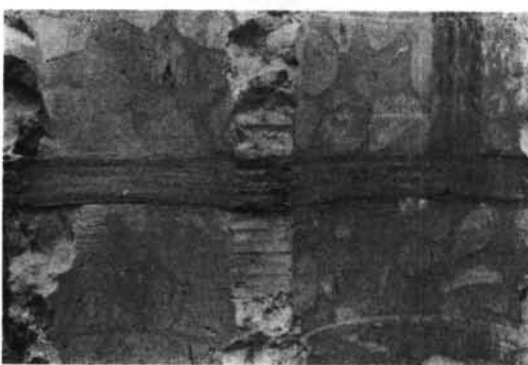


写真-6 コンクリート断面(水平部材周辺)

(3)粗骨材の投入方法

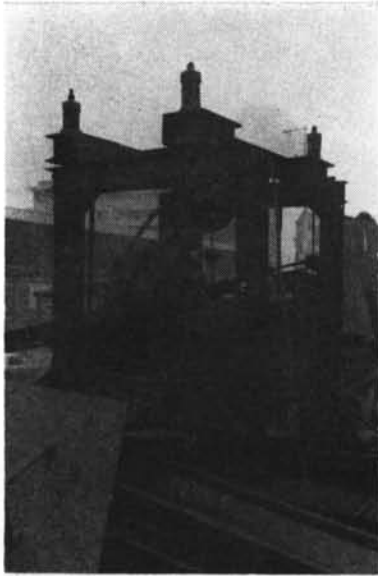
(4)打継面

等である。

以下、各問題点について実験した結果を述べる。

4.6.1 粗骨材の洗滌およびふるい分け

粗骨材の洗滌およびふるい分け方法は、トロンメルによる方法、クラッシュアイヤーによる方法、ハイドロサイザーによる方法、パイプレーティングスクリーンによる方法、人力による方法等があるが、骨材基地のスペー



写真一七 パイプレーティングスクリーン



写真一八 粗骨材の混合装置

ス、処理能力、洗滌効果等から本工事では、パイプレーティングスクリーンによる方法が最適であると判断され、使用することとした。ふるい目の大きさは、粗骨材の最小寸法15mmとしたことから15mmの網目を使用した。写真一七にパイプレーティングスクリーンを示す。

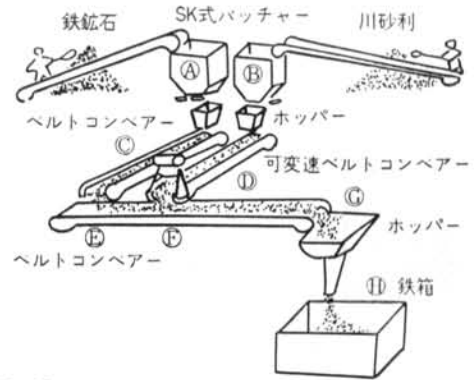
4.6.2 粗骨材の混合方法

川砂利と鉄鉱石の混合方法は、SK式計量パッチャーによって、所定の混合率になるように計量し、可変速ベルトコンベヤーを図一18、写真一八のように組合せて、混合する方法をとった。

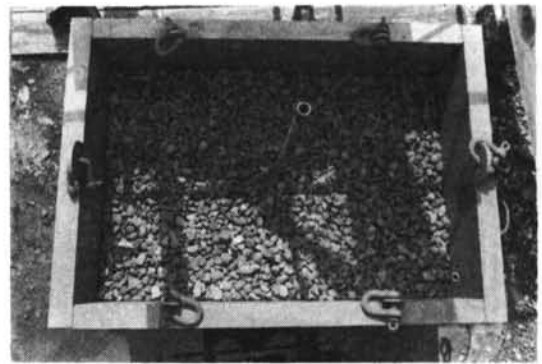
混合試験結果は、写真一九に示すように、川砂利と鉄鉱石が偏ることなく平均化され、本方法で充分混合されるものと判断した。

4.6.3 粗骨材の投入方法

本工事での粗骨材の投入方法には、フロアホッパーお



図一18 粗骨材の混合方法



写真一九 粗骨材の混合



写真二〇 骨材落下試験

よびゴムシートの方法を考えて、ここで問題となることは、ゴムシート内を粗骨材が落下する際に骨材の破損が考えられ、微粒子分の増加があるものと思われる

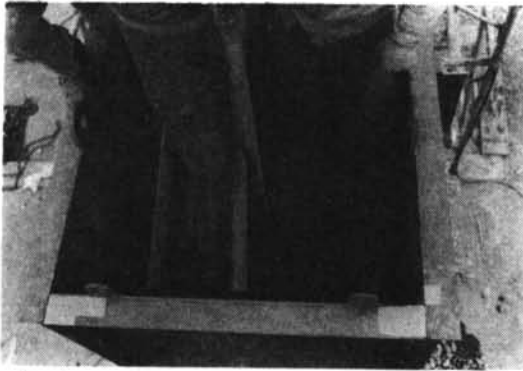


写真-11 ゴムマットによる投入受

る。骨材の落下実験の結果、高さ8mよりゴムシュート
を垂直にして、鋼板の上に落下させた場合、15mm以下の
骨材は、全体の約2%（重量比）であり、施工には支障
のない量であると判断された。写真-10に実験を示す。

本工事では、できるだけ微粒子分の量を少なくする意
図からゴムシュートを蛇行させ、シュートの先端にゴム
マットを備え、直接骨材が鋼板にあたらない方法とし
た。写真-11にそれを示す。

4.6.4 打ち継ぎ面

プレキャストコンクリートの打ち継ぎ面は、放射線の透
過から問題となるが、本工事では図-19に示すような方
法をとった。

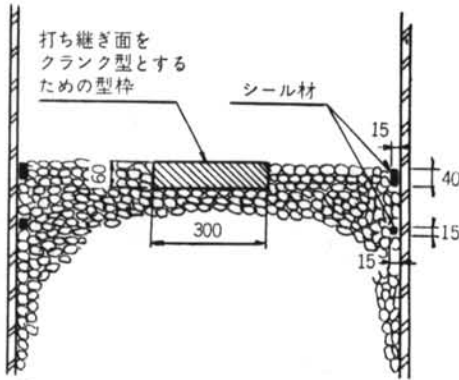


図-19 打継の方法

4.7 1回の打設高さの決定

本工事では、船殻が型わくとなり、そのたわみ量は仕
様で±3mmと規定されているので、プレキャスト重コンク
リートの1回の打設高さは、船殻のたわみ量から決定され
る。プレキャスト重コンクリートの側圧の大きさを実験
によって求めた結果を次に示す。

$$P_G = \frac{1}{3} W \cdot h \quad \dots\dots(3)$$

式中で P_G : 側圧 (t/m^2)

W : 粗骨材の単位体積重量 (t/m^3)

h : 粗骨材の投入高さ (m)

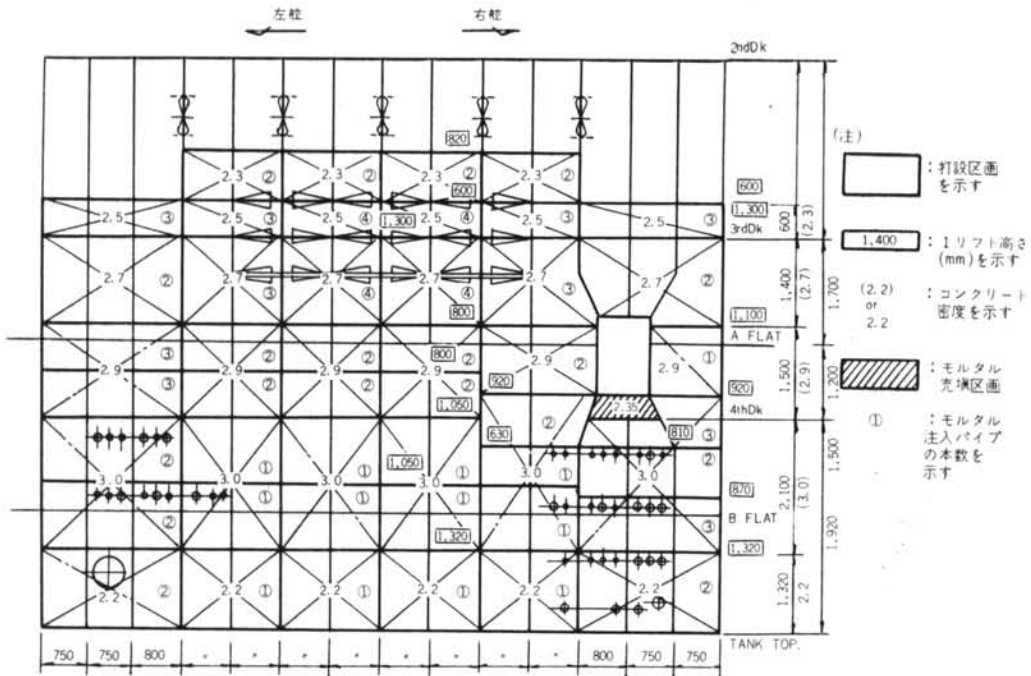


図-20 隔壁部打設区画計画図-1

プレパクト重コンクリート打設による側圧は、(4)式で求められる。

$$P = \rho_c \cdot h + 0.5 \quad \dots\dots(5)$$

式中で P : 側圧 (t/m^2)

ρ_c : プレパクト重コンクリートの比重 (t/m^3)

0.5 : プレパクト重モルタルの膨張による側圧 (t/m^2)

以上の結果から、各区分別に船殻のたわみ量 3mm となるように打設高さを決定した。これを図-20, 21, 22に示す。なお、打ち継ぎ部の船殻のたわみを減少させるために、ポリエチレンフォームを使用して、シールする方法をとった。

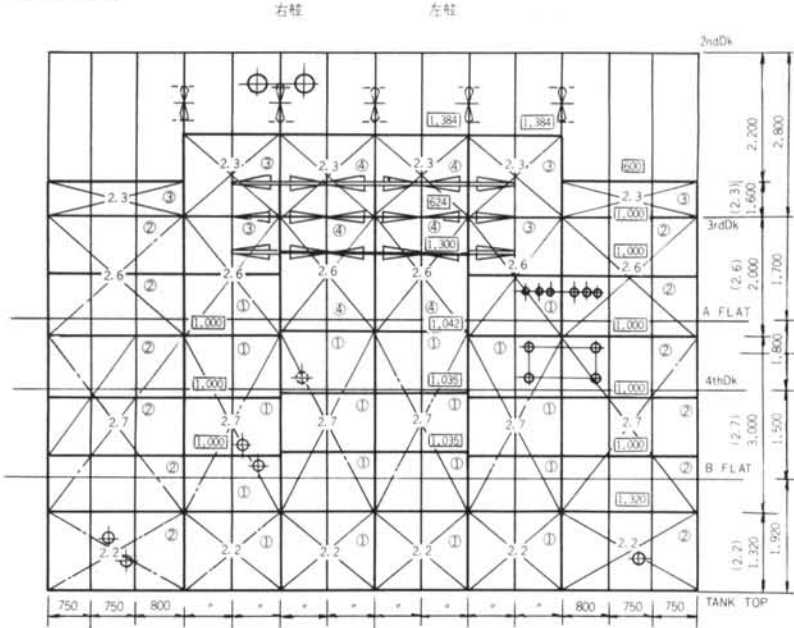


図-21 隔壁部打設区画計画図-2

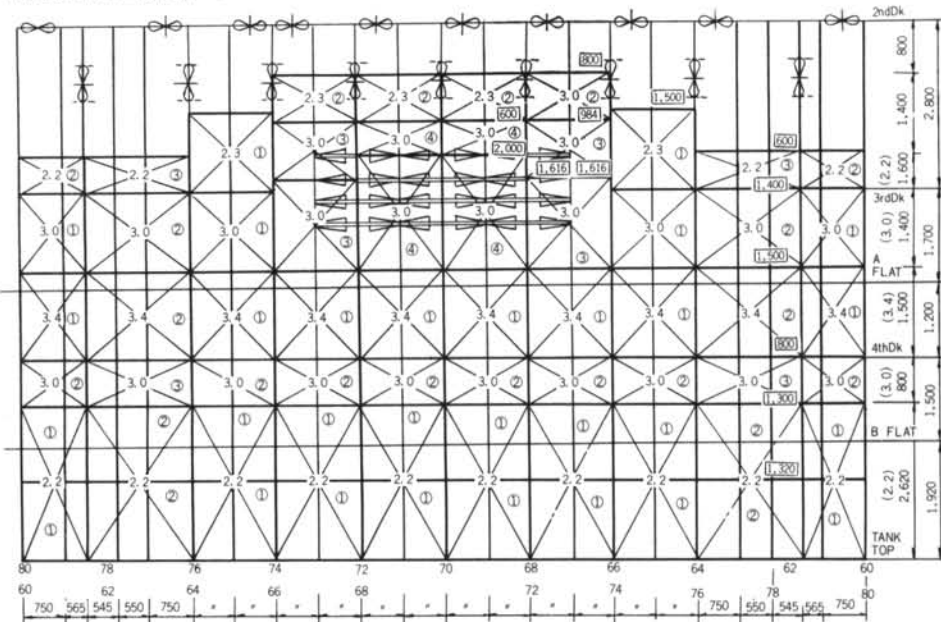


図-22 隔壁部打設区画計画図-3

§ 5. 工事記録

5.1 コンクリートの調合

5.1.1 コンクリートの仕様比重の定義

コンクリートならびにモルタルは打設後の水分の蒸発によってその比重が低下する。遮蔽を目的とするコンクリートの仕様比重は、当然コンクリートの乾燥後のものである。ただし打設後のコンクリートが一定時間内にシールされた状態になり、その後の蒸発がないものとするれば、その部分のコンクリートの仕様比重はシールされる時まで乾燥した比重と考えるべきである。

本工事では、各部分の工事工程を考慮のうえ表-18のようにコンクリートの仕様比重を定義づけた。このうちダクト部、および格納容器のグラウト工事は、前述のように確認試験前に施工されたため、これを安全側に定めたこと、台甲板工事はコンクリート打設後約2カ月間開

放された状態にあるために絶乾燥状態までの乾燥を見込んだこと、一般の船殻部は2日目ごとに打設が実施され、また最終の打設後2日目で造船側が船殻をシールする工程にあることによる。

5.1.2 プレパクト重コンクリートの調合

施工法確認試験によって得られた資料をもとに、各部の調合設計を行なった結果を以下に示す。

5.1.3 台甲板および隔壁中プレパクト重コンクリートの調合

台甲板部のプレパクト重コンクリートの調合を表-19に、隔壁中の調合を表-20にそれぞれ示す。

5.1.4 遮蔽扉下部および台甲板狭部プレパクト重モルタルの調合

遮蔽扉下部のプレパクト重モルタルの調合を表-21に、台甲板狭部の調合を表-22にそれぞれ示す。

	打設の時期	打設後の条件	仕様比重の定義
ダクト部	施工法確認試験前に打設	打設の翌日シールする	打設後20℃75±10%湿度中2日後のコンクリート比重*
コンテナグラウト部	"	打設後直ちにシールする	調合比重 (wet density)
台甲板部	施工法確認試験後に打設	打設後期間を置いてシールする	打設後80℃で究極まで乾燥させた比重 (dry density)
船殻部	"	打設後2日目にシールされた状態になる	打設後20℃75±10%湿度中2日後のコンクリート比重

* 施工法確認試験の結果がでる前であるので、既存のデータから類推し、1日の安全を見たものである。

表-18 コンクリートの仕様比重

プレパクトコンクリートの密度	プレパクトモルタルの配合 C:F:S (重量比)	プレパクトモルタルの密度	W/C+F %	細骨材				粗骨材			
				川砂の比重	砂鉄の比重	川砂 (%)	砂鉄 (%)	川砂利の比重	鉄鉱石の比重	川砂利の重量	粒骨材の鉄鉱石の重量実積率
2.20 (2.32)	1:0.8:0.63	1.90	40.0	2.61	—	100	—	2.70	—	100:0	59.6
2.30 (2.43)	:0.4:0.49	2.03	41.5	—	4.59	—	100	2.70	—	100:0	59.6
2.50 (2.62)	1:0:1.30	2.50	51.4	—	4.59	—	100	2.70	—	100:0	59.6
2.60 (2.74)	1:0.8:0.63	1.90	40.0	2.61	—	100	—	2.70	4.40	$\rho_a=3.32$ 49:51	59.1
2.70 (2.86)	1:0.4:0.84	2.20	44.0	—	4.59	—	100	2.70	4.40	$\rho_a=3.32$ 49:51	59.1
2.90 (3.04)	1:0.8:0.63	1.90	40.0	2.61	—	100	—	2.70	4.40	$\rho_a=3.85$ 22:78	58.1
3.00 (3.16)	1:0.4:0.84	2.20	44.0	—	4.59	—	100	2.70	4.40	$\rho_a=3.85$ 22:78	58.1
3.40 (3.54)	1:0:0.93	2.41	46.9	—	4.59	—	100	—	4.40	0:100	56.9

表-19 隔壁中のプレパクト重コンクリートの調合

ρ_{co} (ρ_c)	プレバクトモルタルの配合 C:F:S (重量比)	ρ_m	W/C+F (%)	細骨材				粗骨材			
				川砂の比重	砂鉄の比重	川砂 (%)	砂鉄 (%)	川砂利の比重	鉄鉱石の比重	川砂利の重量鉄鉱石の重量実積率	粗骨材の重量実積率
2.30 (2.56)	1:0.4:1.23	2.35	46.9	—	4.59	0	100	2.70	—	100:0	59.6

表—20 台甲板部プレバクト重コンクリートの調査

ρ_{co} (ρ_c)	プレバクトモルタルの配合 C:F:S (重量比)	ρ_m	W/C+F (%)	細骨材			
				川砂の比重	砂鉄の比重	川砂 (%)	砂鉄 (%)
2.35 (2.61)	1:0:1.94	2.61	59.3	—	4.59	0	100

表—21 遮蔽扉下部プレバクト重モルタルの調査

ρ_{co} (ρ_c)	プレバクトモルタルの配合 C:F:S (重量比)	ρ_m	W/C+F (%)	細骨材			
				川砂の比重	砂鉄の比重	川砂 (%)	砂鉄 (%)
2.30 (2.56)	1:0:1.70	2.56	56.3	—	4.59	0	100

表—22 台甲板狭部プレバクト重モルタルの調査

5.2 ダクト工事

写真—12, 13にその状況を, また表—23にプレバクトコンクリートの調査を示す。

5.3 格納容器に対するグラウト工事

写真—14にその状況を, また表—24にモルタルの調査を示す。

No.	C:F:S (重量比)	W/C+F (%)	F/C+F (%)	C/C+F	IA/C+F (%)
1	1:0.8:1.8	49.0	44.5	1.00	1.0

ここで C:セメント
F:フライアッシュ
S:砂
IA:イントルジョンエイド を示す

表—23 ダクト部コンクリート用モルタルの調査

5.4 船内工事

5.4.1 工事計画の重点

これまで述べてきた内容から理解されるように, 本工事は当面の施主たる IHI と, その上部監督団である多くの官民機関の注目のもとに, 施工法確認試験等の実験室規模で確立した施工方式を実地に適用し, これらがすべての段階で間違いなく行なわれたことを証明しながら運営する必要がある。

しかも工事が狭少な造船所岸壁および船上で実施され, その工期を最初の75日の予定から極力短縮するよ^{注6)}にとの要請が加わっている。

No.	C:F:S (重量比)	W/C+F (%)	F/C+F (%)	S/C+F	IA/C+F (%)
1	1:0.4:1.60	52.0	28.6	1.15	1.0

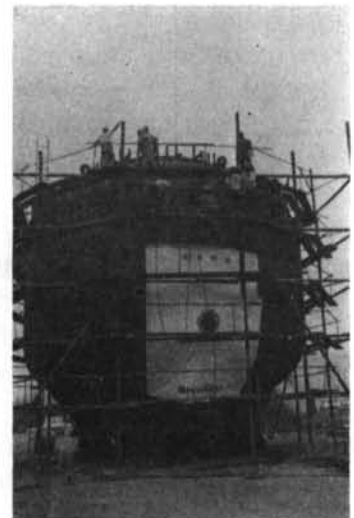
表—24 格納容器用モルタル調査



写真—12 ダクト部



写真—13 ダクト工事



写真—14 グラウト工事

プレキャスト工法に使用する膨大な量の粗骨材は事前に洗滌し、ふるい分けし、また混合する必要がある。そのためには相当な広さの骨材調製基地を必要とし、これは造船所近辺には望むべくもない。したがって適当な借地に機械類を準備し、鉄鉱石、川砂利を搬入し、さらに調製済骨材を岸壁に輸送することになる。

本工事は、工事箇所においてこれを眺めれば、粗骨材を投入し、モルタルを注入するといった単純な作業のくり返しに過ぎないように感じられるが、その裏には事前の工程管理、品質管理、資材管理および運搬・揚重等の施工管理システムが完全に組立てられ、また円滑に運営されていたことを知らねばならない。本工事は工事計画の重点は以上のシステム化に置かれたものである。

5.4.2 工程管理

船内工事の工程管理の要点は、図-20, 21, 22に示す各区画、各リフトのコンクリートを如何に順序よく打設するかにある。各区画の工程に影響を与える条件は次に示すとおりである。

イ) コンクリート1リフト打設後、次のリフトの打設までの期間は1日間とする。(すなわち2日目に次段リフトを打てる。)

ロ) 同一日には異った種類の粗骨材を取扱ってはならない。これは誤りを防止する対策である。

ハ) プレキャストプラントのモルタル注入能力

ニ) 粗骨材の輸送・揚重・投入能力

ホ) 船に過大な傾斜を与えないこと^{注7)}。

以上の制約下で最も能率的に施工が実施されるように事前に検討を行ない、ワーキングデイシステムを設定した。これは1日の粗骨材投入能力を20㎡、モルタル注入能力を40㎡程度と定め、また左右前後がほぼ平均化するような打設順序のもとにそれぞれの区画の骨材投入日およびモルタル注入日を定めてしまうものである。台甲板部に関してはこれをD-1, D-2, …, 船殻に関してはW-1, W-2, …, のように命名し、その作業内容を決定する。

以上の図面およびリストを表示し、現場および骨材基地間の意志統一を計る。骨材基地は以上のリストから原材料である鉄鉱石および川砂利の発注を計画的に行ない、また輸送担当はこれによって調製済骨材の輸送を手配する。

注6) 遮蔽コンクリート工事の前に行なわれていた鉛およびポリエチレン遮蔽工事が難行し遅れていた。

注7) 当然のことながら水に浮いていた原子力船は前後左右に簡単に傾斜した。

工事実施上は、これらワーキングデイを暦日に当てはめる作業のみが残り、休日、雨天等による非作業日はワーキングデイを順送りすることにより全く混乱を生じない。

5.4.3 粗骨材の管理

粗骨材の品質管理に関しては5.4項に詳細を述べる。ここは粗骨材の色素による着色によつての識別を行なったことを説明する。調査の項に示すとおり、使用する粗骨材は、鉄鉱石のみ、川砂利のみ、鉄鉱石：川砂利=48：52、鉄鉱石：川砂利=20：80の4種類である。混合骨材に関しては、その両者は見分けが付き難く、調製中および輸送中に錯誤を生じ易い。そのために骨材基地で調製中にそれぞれ黄および緑の色素で着色し、一見して識別し得るようにした。またこれら骨材を公式に

鉄鉱石のみ=赤骨材(多少赤味を帯びた黒)

川砂利のみ=白骨材

鉄鉱石(48)：川砂利(52)=黄骨材

“(20)：”(80)=緑骨材

のように呼称した。なおこのアイディアはIHI原子力船部関根課長の発案によるものである。

5.4.4 粗骨材基地の設営

清水建設砂町機械工場の一隅に粗骨材基地を設営した。その状況を写真-15, 16および図-23に示す。

5.4.5 岸壁および船上の仮設工事

図-24に岸壁周辺の仮設工事、図-25に船上の仮設工事を示す。

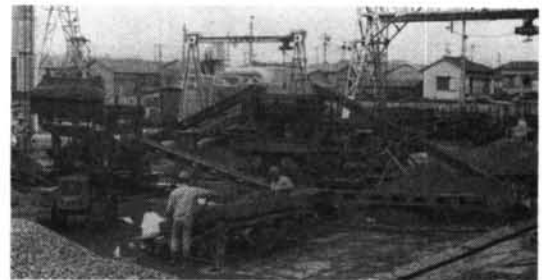


写真-15 粗骨材基地(1)

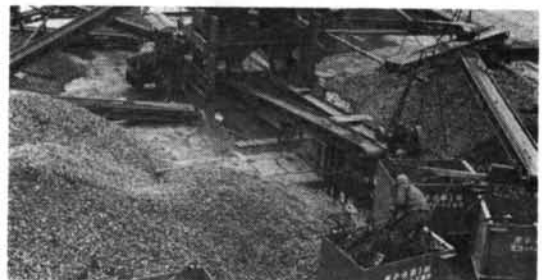
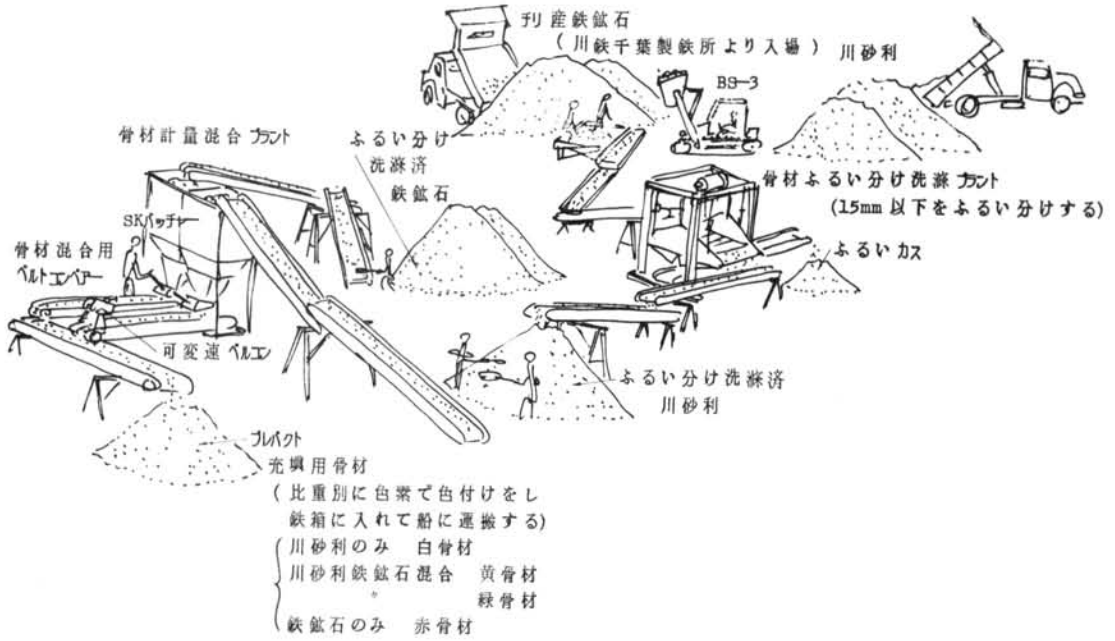
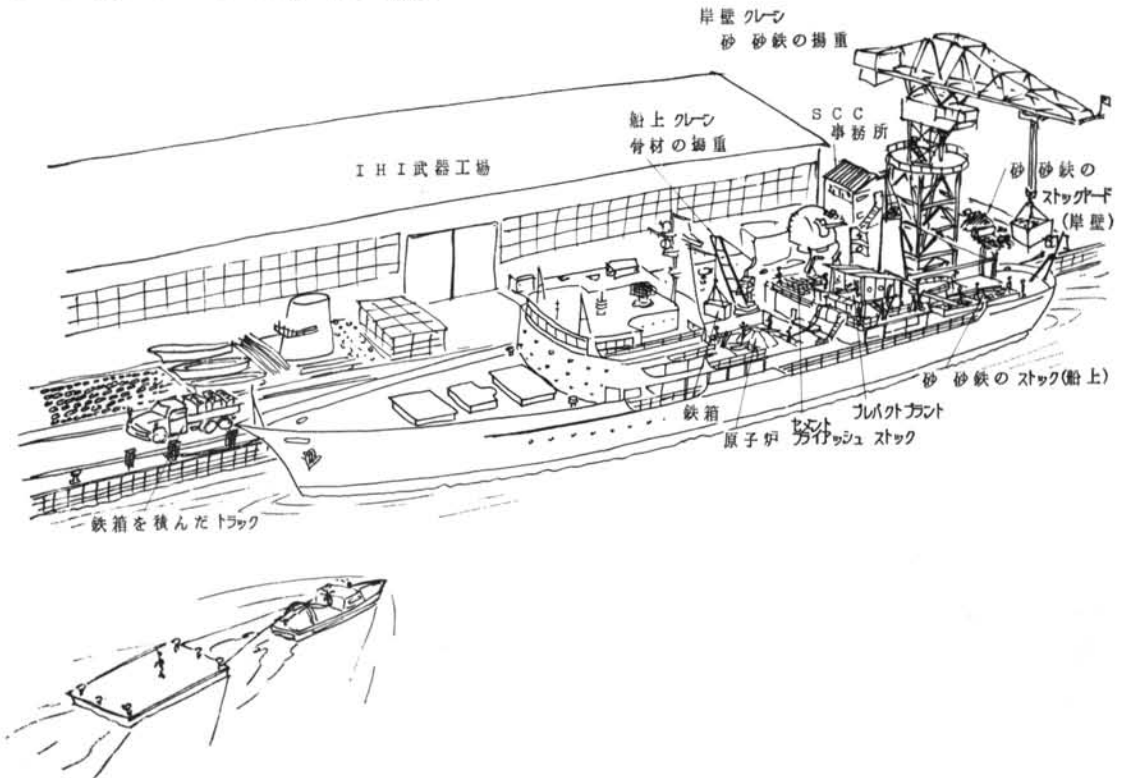


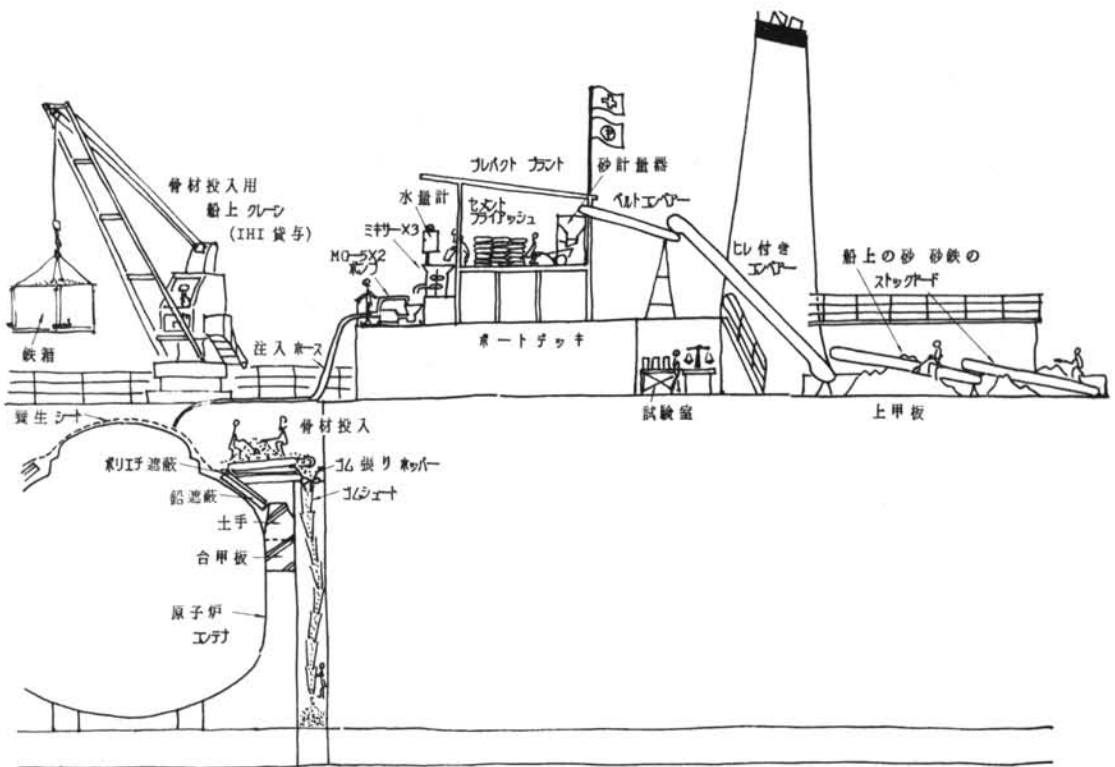
写真-16 粗骨材基地(2)



図一23 骨材プラント(砂町機械工場内)機能図



図一24 岸壁周辺の仮設計画の概要



図一25 船上の仮設工事、プレパクト工事概要

5.4.6 工事写真

写真一17より写真一22に工事写真を示す。

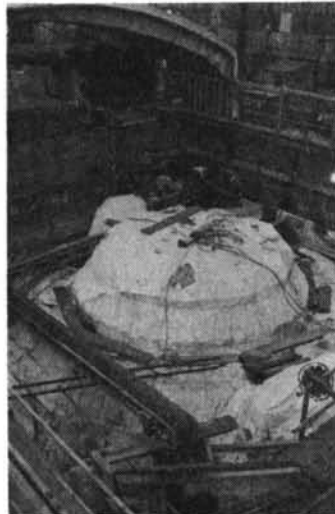
5.5 品質管理方法

プレパクト重コンクリートの比重管理は、施工法確認試験によって得られた方法、すなわち粗骨材の比重および

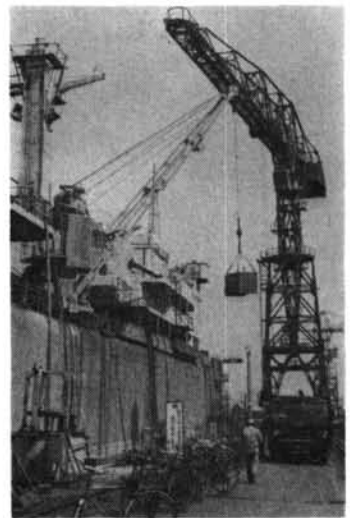
実積率試験、プレパクトモルタルの比重試験によって、事前管理を行なった。その他に、プレパクトモルタルのコンシステンシー試験、膨脹率・ブリージング率試験、 $\phi 15 \times h 30\text{cm}$ テストピースによるプレパクトコンクリートの比重測定、プレパクトモルタル用材料の物性試験を行なった。



写真一17 船上プラント外観



写真一18 原子炉 (シートで養生)



写真一19 骨材運搬と吊り込み

以下に、試験方法および試験回数について述べる。

5.5.1 粗骨材の比重、実積率試験

粗骨材の比重試験は、(J I S A1110, 粗骨材の比重および吸水量試験) 方法に従って行なった。粗骨材の実積率測定方法は、 $\phi 15 \times h 30 \text{cm}$ モールドに粗骨材を3層に棒突きによって詰め、空げきに水を満し、水で代替された重量によって測定した。

試験回数は、洗滌・ふるい分け作業目ごとに行ない、洗滌・ふるい分け量約 10m^3 ごとに試料を採取し試験した。 10m^3 に満たない場合は、最低5回の試験を行なった。試験結果が調査設計で定めたパラツキ内にあることを確認して骨材基地より搬出した。

5.5.2 プレパクトモルタルの比重およびコンシステンシー試験

プレパクトモルタルの比重試験は、(J I S A6201) に準じて行なった。コンシステンシー試験は、(土木学会プレパックドコンクリート施工指針(案), 注入モルタルのコンシステンシー試験方法) に従った。

試験回数は、各作業目ごとにプレパクトモルタルの注入作業前に最初のパッチで比重試験3回、コンシステンシー試験3回を行なった。

試験結果が調査設計で定めた値内にあることを確認して、注入作業を開始した。

5.5.3 その他の試験

(1)プレパクトコンクリートの比重試験

$\phi 15 \times h 30 \text{cm}$ テストピースは、(土木学会プレパックドコンクリート施工指針(案)プレパックドコンクリート試験方法)に従って製作し、打設直後、3時間後および2日後にテストピースの重量を測定した。

テストピースは、各作業目ごとにまた、1日に2種類以上の比重のコンクリートを打設する場合は、各比重別に3本ずつ採取し測定した。

(2)プレパクトモルタルの膨脹率・ブリージング率試験
試験は、(General Specifications for Prepaqt Concrete Appendix B-4) に従って行なった。

試験回数は、比重試験で同時にサンプルを採取し測定した。

5.5.4 品質管理結果

粗骨材の比重および実積率試験結果を、図-26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33に示す。

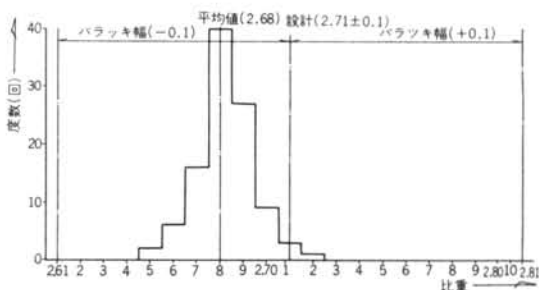


図-26 川砂利の比重の管理図



写真-20 台甲板部



写真-21 船殻への骨材投入



写真-22 船殻内コンクリート打設

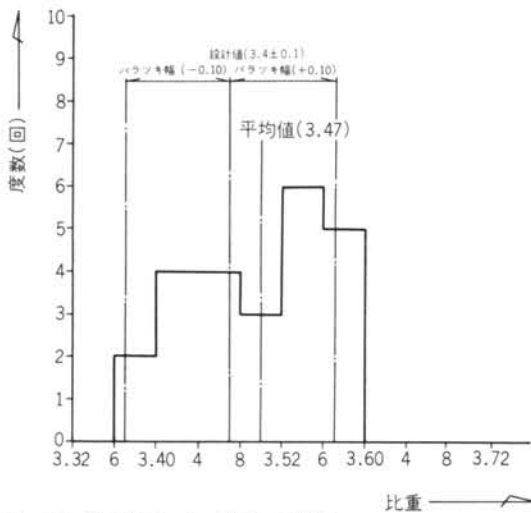


図-27 混合骨材-1の比重の管理図

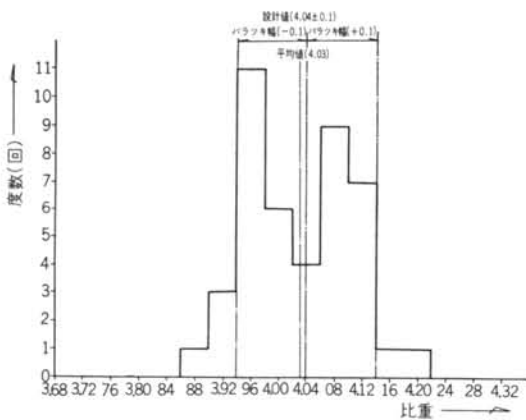


図-28 混合骨材-2の比重の管理図

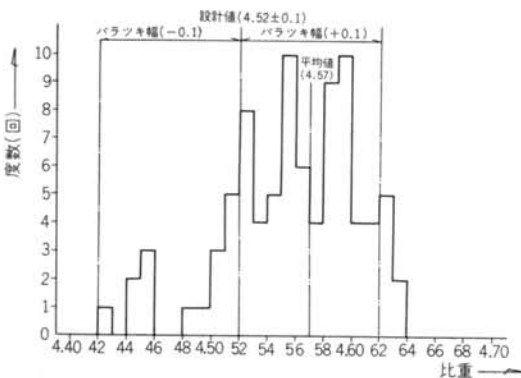


図-29 鉄鉱石の比重の管理図

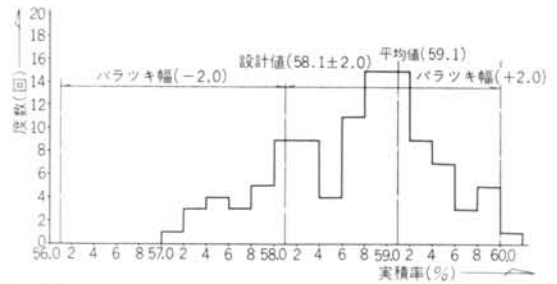


図-30 川砂利の実積率の管理図

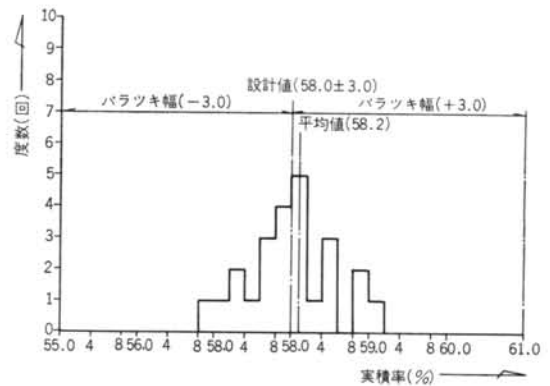


図-31 混合骨材-1の実積率の管理図

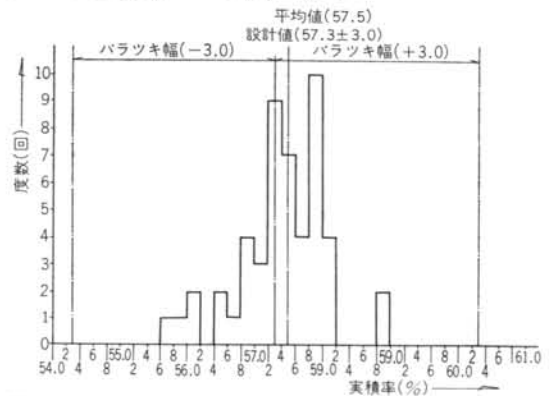


図-32 混合骨材-2の実積率の管理図

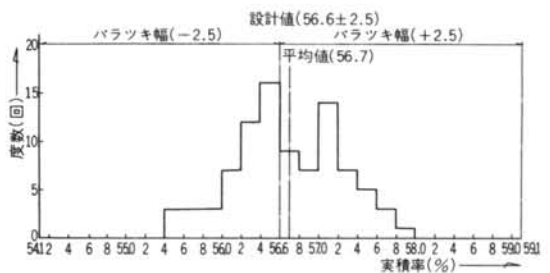


図-33 鉄鉱石の実積率の管理図

§ 6. あとがき

本工事は本文中に述べたように実際の工事を見学した人々にとっては単に砂利を船殻に投入し、これにモルタルを注入するといった単純極まるものである。またこれが極めて円滑に進行し、予定工期を大幅に短縮し得たことから、何か容易な感覚をもって受取られるかも知れない。しかしこれもあの数多くの打設区画の1つにすら間違えのなかったこと、および数多くの品質管理試験に1つすら不合格がなかった事実と併せて考える必要がある。

これは工事契約の遙か以前から造船側と接触し、技術

的打合せを重ねた各位、および工事から施工法確認試験を実施した研究所員をそのまま本工事の担当者として任命した当社幹部の英断、難事を一手に引き受けてくれた建築吉野部の協力、面倒な管理方式に積極的に従ったプレパクト運営部の人々の努力、そして骨材基地関係に助力を惜しまなかった機械部等の助力など関連する人々の一致した協力に支えられ、必要な管理を完全に全うし得た結果にほかならない。

そしてそのうえに、施主である石川島播磨重工業株式会社原子力船部の高木部長、関根課長以下の真摯でありしかも温い指導力と協力が大きく作用をしている。

ここに末筆ながら感謝の意を述べるものである。

<参考文献>

- 1) “砂鉄使用プレパクト重モルタルの最適流動性に関する実験” 清水建設研究所報告
- 2) “ゴムシュートによる粗骨材投入時の破損調査” 清水建設研究所報告
- 3) “General Specifications for Prepak Concrete” Intrusion Prepak Inc.
- 4) “プレパクトドコンクリート施工指針(案)” 土木学会
- 5) “日本原子力研究所 JRR-2 Shielding Concrete 施工及実験報告” 清水建設研究所
- 6) “東海発電所原子炉工事工事記録——Dry Density について”——清水建設, 原子力部
- 7) “成蹊学園大学R. I 実験室遮蔽用プレパクト重コンクリートの配合設計” 清水建設研究所報告
- 8) “Reactor Shielding Design Manual” U.S. Atomic Energy Commission
- 9) “プレパクト重コンクリートの側圧に関する実験報告書” 清水建設研究所報告
- 10) “シール方法に関する試験” 清水建設研究所報告
- 11) “Prepak Concrete Shields Reactor in the N.S. Savannah” Prepak Reporter No.7, 8, 9 1960
- 12) “原子炉遮蔽用特殊セメント並びに特殊コンクリートに関する研究” 日本セメントKK研究所要報 No.138 昭31.3
- 13) “原子力第一船遮蔽コンクリート工事施工法確認試験報告書” 清水建設研究所報告
- 14) ホームズ・F・クラウチ:“原子力船” みすず書房
- 15) “原子力第一船「むつ」(船体部計画・建造の記録)” 石川島播磨重工業株式会社
- 16) “原子力船” 日本原子力船開発事業団
- 17) “原子力第一船遮蔽効果確認実験報告書” 日本原子力船開発事業団
- 18) “「原子力第一船」遮蔽コンクリート工事(その1~3)” 日本建築学会大会学術講演梗概集 昭45.9
- 19) “原子力第一船二次遮蔽用プレパクト重コンクリートの調査設計について” 日本原子力学会炉物理炉工学分科会予稿集 昭45
- 20) “原子力第一船二次遮蔽用プレパクト重コンクリートの施工について” 日本原子力学会炉物理炉工学分科会予稿集 昭45
- 21) “工事コスト分析ならびに次期工事の工事単価の予想” 清水建設研究所報告(社内限)