ホワイトコンクリート打放しによる美術館の建築

——郡山市立美術館——

柳澤 孝彦^{*1}・斉藤 勲^{*2}・中根 淳^{*3}・大池 武^{*4}

概要 郡山市立美術館は、設計コンセプトに基づき、人の手の痕跡や自然の風合いを大切にし、密実で構造体の質を素直に表現するため、外壁や内壁そして柱などの建築構造を現わすことのできる部分は、すべて出目地を伴う杉本実化粧型わくを用いた白色セメントコンクリート（以下、ホワイトコンクリートとする）打放し仕上げを採用している。美術館建設にあたり、設計意図を具現化するため、技術展開を行った。建築主である郡山市と設計監理にあたる柳澤孝彦+TAK 建築・都市計画研究所のもとに、施工関係者を含むホワイトコンクリート施工検討会を組織し、材料の選定、色調、杉本実型わくの加工・組立てなどについて調査・検討し、実物模擬部材を使った打設施工実験も行って、実際の施工に反映させた。この結果、設計の意図と仕様とに合致した品質の高いホワイトコンクリートによる美術館を建設することができた。

キーワード：打放し施工、白色セメント

1. はじめに

郡山市東部の丘陵地の只中に位置する美術館は、芸術の場を人と自然が相互に深く呼応し合う環境のなかに作り込もうと意図したものである。したがって、美術館建築の設計はもとより、それを越えて、丘陵の広大な空間のなかに「新しい環境としての風景」をつくり出そうとの考えに基づいている。とりわけ、地勢と建築構成の必然的な結びつきのうえに空間の発展を特徴づけたいと考え、丘陵の傾斜するコンターと同調した空間構成の展開をコンテクストとした。

したがって、建築内部と外部との交流が主題となった。建築配置をL形とし、その内角側のほとんどをガラス面として、外部の自然に向けたのもそのため、光と影を語り口として変化ある表情を空間の随所に息づかせようと考えた。したがって、空間の素材構成やディテールは光と影のデザインを推し進めるためのものである。展示ロビーのガラス面には、「簾」効果を意図したパターンエッチングを施して、内外の視覚交流に豊かな表情を生み、日照を適度にコントロールするとともに、

ロビー床面にうつり込む影のパターンを期待している。壁を構成するホワイトコンクリートの採用も、光と影のキャンパスを意図したもので、出目地（写真-7参照）のつくりだす影が、刻一刻と移る外光の変化の語り口となって、自然の刻のうつろいを演ずる。

石の広場における石段のつくりだす光と影のリズムは、刻とともに表情を変えて、一面のガラスカーテンウォールに映り、その広さを倍に発展させる。石の広場と建物の間を流れるカスケードや池の水は、自然の情景の変化や建築の表情を映し込んで、光と影の交錯を演ずる。ホワイトコンクリートと木肌の壁には、それぞれに出目地と底目地をデザインして、素材と影の関係に意を用いている。ロビーから2階常設展示へ上がる大階段にまつわる木製ルーバーもまた、横筋の影のリズムによって、階段の上昇性を高めて、その存在を際立たせようとの計らいである。一方展示室は、人工照明に徹するという美術館側の考えに従って、高い天井上部からの間接光を支配的にして、柔らかい光が行きわたった大きな壁面を展示壁とした固有な空間性をつくっている。

このように各所にデザインの意図を込めているのだが、そこには極力巧まざる美しさを呼び込むディテールの意図を重ね合わせたいと思っている。それはとかく完全無欠のなかにスポイルされてしまう人の手の痕跡や自然の風合いといったもので、ディテールのなかにひそかに息づかせたいと願っているものである。

このような設計コンセプトを具現化し、技術的展開を行うために、ホワイトコンクリート施工検討会では、

*1 やなぎざわ・たかひこ／TAK 建築・都市計画研究所 代表

*2 さいとう・いさお／大林・東洋特定建設工事共同企業体 所長

*3 なかね・すなお／(株)大林組 技術研究所 建築第二研究室 室長

*4 おおいけ・たけし／ 同上
副主任研究員

下記に示すテーマについて検討がなされた。

1) 色調——灰色でないコンクリート

設計の特記仕様に示された白色ポルトランドセメン

ト（以下、白色セメント）を用いて、コンクリート
が持つ本来の素材感を重視した調合を選定する。

2) 一般的品質——密実なコンクリート

図-1 配置図

Architecture White Concrete in Koriyama City Museum of Art

By T. Yanagisawa, I. Saitō, S. Nakane and T. Ōike

Concrete Journal, Vol. 31, No. 5, pp. 27~38, May 1993

Synopsis In planning of Koriyama City Museum of Art, white cement concrete (hereinafter referred to as white concrete) was adopted as the architectural finish for all parts of the structure, including interior and exterior walls and columns. In each case the joints in the Japanese cedar formwork can be clearly seen in the white concrete finish. This expresses the solidity of the building while respecting both human intervention and natural influence. The client (Koriyama City) and architect (Takahiko Yanagisawa and TAK Associated Architects Inc.), as well as members of the construction company and material suppliers, formed a committee to investigate the selection of materials, the colour of the concrete, and the fabrication of the formworks. Furthermore, large scale mock-ups were built to test construction techniques and specifications, and after approval by the committee, these were incorporated in the construction works. As results white concrete finish was completed that satisfies both the functional and aesthetic requirements of the museum.

Keywords : white cement concrete, architectural concrete finish

図-2 断面図

表-1 建物概要

工事名称	郡山市立美術館 建設工事
建築主	郡山市
設計・監理 (建築・設備・構造)	柳澤孝彦+TAK 建築・都市計画研究所 設計協力 川上喜三郎 (基本計画・ガラスパターンデザイン) 坂本 和正 (木製家具デザイン) 永原 浄 (サインデザイン)
外 構	設計監理 柳澤孝彦+TAK 建築・都市計画研究所 石製作 和泉正敏
施 工	大林・東洋特定建設工事共同企業体 (主体工事)
建築地	福島県郡山市安原町および横川町地内
敷地面積	18.7 ha (都市公園内)
建築面積	4 322.11 m ²
延べ床面積	6 848.37 m ²
構 造	鉄骨鉄筋コンクリート造 地上2階 地下1階
設計期間	1990年2月～1990年12月
施工期間	1990年12月～1992年6月 (ただし外構工事は1992年10月まで)
開 館	1992年11月20日

表-2 検討課題

検討課題	検討内容	検 討 項 目
色 調	セメント種類	着色セメント (標準品, 濃縮型) 普通ポルトランドセメント 白色セメント
	セメント量	セメント量の違い
	骨 材	生コン工場常用骨材 白御影石
	顔 料	濃色形, 淡色形 単味使用, 混合使用
一般的品質 (強度・耐久性・施工性)	強度・耐久性	設計基準強度 耐久性を確保する水セメント比の選定
	施工性の確保・防止対策	混和剤 遅延型 AE 減水剤+流動化剤 高性能 AE 減水剤
打上り状態	コンクリートとの肌別れ, 目地の現われ, コールドジョイント	型わく材 (杉本実) の加工法 表面仕上げ方法 (プレーナーがけの程度) 出目地の高さ 杉本実の幅, 出目地配置パターン 型わく材表面処理方法 コーティング, 剝離材 (品質, 選定, 効果)

コールドジョイント, ジャンカ, ピンホールなどを作らない施工の検討と, 強度・耐久性などの一般的な品質を確認する。

- 3) 打上り状態——出目地と杉小幅板本実^{ほんざね} (板の接合法の一つ, 図-5 参照) 化粧型わく
出目地を伴う打放しホワイトコンクリート打放し仕上げは, 構造体の質を素直に表現するとともに, 光りを砕く出目地が作りだす繊細な表情の変化を意図したものである。したがって, 型わく材の加工法, 型わく材の表面処理方法の検討を行う。

本報告は, 上記テーマについて, 調査・検討した結果をまとめ, 報告するものである。

2. 建物概要

美術館の配置図を図-1に, 断面図を図-2にそれぞれ示した。表-1には建物概要を示した。

3. 色調, 一般的品質, 打上り状態の検討

ここでは, 強度・ワーカビリティ・耐久性など通常求められるコンクリートの所要の品質を満足し, かつ, 設計上の色調を満足させる材料・調合の選定および打上りの状態の評価について図-3に示すフローに従って検討した結果を述べる。

これらの色調, 一般的品質および打上り状態に関する検討課題は, 表-2に示すとおりである。

3.1 色 調

表-3は, コンクリート用材料に関して, 既往の資料および小型試験体による実験 (表-9 参照) に基づいて, 色調に対する適否を検討した結果である。

(1) セメント

セメントは, 設計仕様に示された白色セメント以外の材料についても色調に対する適否を検討した。

図-3 ホワイトコンクリート施工検討フロー

表-3 コンクリート用材料の調査結果

材料名	種 類	仕様・品名等	特 性 評 価						使用 の 可否	備 考
			色調	耐久性	実績	安定性	施工性	経済性		
セメント	着色 セメント	プレミックス標準品	◎	○	○	○	○	△	可	カラー8色に限る
		濃縮型	○	△	×	△	○	×	否	生産中止
	白色セメント		○	○	○	○	○	○	可	
	普通ポルトランドセメント		○	○	○	○	◎	◎	可	色調が濃くなる
顔 料	濃色型		○	×	×	×	○	△	否	
	淡色型		○	△	×	△	○	△	可	
骨 材	粗骨材	棚倉産砂岩	△	◎	○	◎	○	◎	可	
		阿武隈山系白御影石	○	△	×	×	○	×	否	
	細骨材	阿武隈川産川砂	△	◎	○	◎	◎	◎	可	
		平田村白御影石	○	△	×	×	○	×	否	
混 和 剤	流動化剤		-	◎	◎	◎	○	○	可	
	高性能 AE 減水剤		-	◎	○	○	◎	○	可	

着色セメントは、標準品の場合、プレミックスされている8色に色が限られ、設計で要求する色調が得られないこと、ならびに濃縮型のものは、生産が中止されていることから、その採用を見合わせた。また、普通ポルトランドセメントは、予備実験でその色調を調査したが、色調が濃くなり、要求色調が得られにくいことからその

採用は取りやめた。

以上から、色調の調整が要求に応じられる白色セメントの使用を基本とすることにした。

(2) 骨材

骨材については、コンクリートの色調へ骨材の色そのものが影響を与える可能性があるため、供給予定の生コ

ンクリート工場で常用している骨材（以後、常用骨材と記す）と白色の白御影石について検討した。

白御影石を用いたコンクリートは、予備実験の結果によると、強度が著しく低いこと、常用骨材を用いたものと色調に大差ないことがわかり、骨材は、生コンクリート工場で常用されている骨材を採用した。

（３） 顔料

白色セメントの単味での検討とともに、今回の場合は、コンクリートの耐久性に影響を及ぼさない無機質系顔料のうち、淡色系のものがコンクリートの要求色調を満足しやすいことから、これを検討の対象とした。具体的には、酸化鉄を主成分とする茶色と黄色の顔料の単味あるいは混合使用を基本とし、色調を試験練りによって確認して、その採否を決めることにした。

実験の結果、顔料は、要求色調を得るためのその添加量が、セメント重量に対してごくわずかであり、コンクリート製造時の計量・添加管理が非常に困難であること、表面の打上り状態がよくないこと、さらに、白色セメント単味でも、要求色調を満足することから、最終的には顔料の使用を取りやめることにした。

3.2 一般的品質

ここでは、スランプの選定ならびに白色セメントおよび顔料の使用によるコンクリート強度ならびに耐久性への影響を検討した。

（１） スランプの選定

スランプは、打込み高さが6 m を超える打放し部分があること、ならびに、型わく材として杉本実の小幅板を用い、表面テクスチャーとして断面形状が三角形の出目地を設けることになっていることから、コンクリートの充填性確保が重要な課題となった。

この工事では、混和剤として高性能 AE 減水剤を用いることにした。周知のように、高性能 AE 減水剤は、1985 年頃から市場に出始めたものであり、当初の呼び方も高減水性混和剤、高性能 AE 減水剤、プラント添加型流動化剤などまちまちであった。また、その用途も

流動化剤代替ということが標榜されている。したがって、本工事では、高性能 AE 減水剤をプラント添加型流動化剤という扱いにして、スランプを 21 cm とした。

（２） 白色セメント

表-4 は、白色セメントの試験成績と JIS R 5210 の普通セメントの規格値を比較したものである。また、表-5 は、調合条件、使用材料を同じとし、普通ポルトランドセメントと白色セメントを用いて、強度比較を行った結果である。

これらの表から、白色セメントは、普通ポルトランドセメントの JIS の規格値を十分満足しており、普通ポルトランドセメントと同等の性能を持っていること、同一材料、同一水セメント比のコンクリートにおける強度発現に遜色がないことがわかった。

白色セメントの耐久性については、既往の文献がきわめて少ないが、乾燥収縮に関しては普通セメントと変わらないとの報告がある¹⁾。白色セメントと普通ポルトランドセメントの化学成分と組成化合物を比較してみると、表-6 および表-7 のとおりである。化学成分では、白色セメントは普通セメントの灰緑色を白色にするため

表-4 白色セメントの品質

		JIS R 5210 普通ポルトランドセメント品質	白 色セメント
比表面積 (cm ² /g)		2 500 以上	3 850
凝 結	始発 (分)	60 以上	179
	終結 (時間)	10 以下	4.35
安定性		良	良
圧縮強さ (kgf/cm ²)	3 日	70 以上	183
	7 日	150 以上	251
	28 日	300 以上	389
酸化マグネシウム (%)		5.0 以下	0.5
三酸化硫黄 (%)		3.0 以下	2.5
強熱減量 (%)		3.0 以下	2.3

表-5 普通セメントと白色セメントの強度比較

呼び強度 (kgf/cm ²)	セメント 種 類	調 合 (kg/m ³)					スランプ (cm)	空気量 (%)	圧 縮 強 度 (kgf/cm ²)	
		W/C (%)	S/a (%)	セメント	水	Ad*			1 週	4 週
240	普 通	53	48.9	346	183	1.50	20.2	4.9	195	298
	白 色		49.6	350	185	1.80	21.5	4.4	192	302
255	普 通	50	48.2	368	184	1.50	20.7	4.1	209	329
	白 色		49.2	370	185	1.85	21.4	4.4	211	328
270	普 通	48	47.7	386	185	1.50	20.5	4.6	226	343
	白 色		48.8	386	185	1.90	21.5	4.4	224	347

* 混和剤は、高性能 AE 減水剤を使用、使用量はセメント量に対する質量百分率

表-6 白色セメントと普通ポルトランドセメントの化学成分

セメント 種類	化 学 成 分 (%)								合計
	igloss	insol	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	
白 色	2.9	0.1	21.8	4.5	0.2	65.4	0.5	2.5	97.9
普 通	1.0	0.3	21.6	5.1	3.0	63.7	1.7	2.0	98.4

表-7 白色セメントと普通ポルトランドセメント
の組成化合物 (%)

セメント種類	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
普通ポルトランドセメント	50	26	9	9
白色セメント	51	28	12	1

表-8 顔料添加による強度への影響

顔 料 使用量 (C×%)	顔 料 混合割合 茶：黄	調 合					試 験 結 果			
		W/C (%)	S/a (%)	重 量 (kg/m ³)			スランブ (cm)	空気量 (%)	圧 縮 強 度 (kgf/cm ²)	
				セメント	水	顔料			1 週	4 週
0.0	—	53	49.6	350	185	—	21.5	4.7	197	315
0.5	7 : 3			350	185	1.75	20.8	4.5	198	319
1.0	7 : 3			350	185	3.50	21.0	4.3	204	328

に、クリンカー中の酸化第二鉄の含有量を極力少なくしていることから、Fe₂O₃とMgOが極端に少なくなっているが、ほかの化学成分はほとんど変わっていない。また、組成化合物では、鉄分を少なくしていることから、C₄AFが非常に少なく、C₃Aがやや多い点異なるが、C₃S、C₂Sはほぼ等しいことがわかる。これより、白色セメントを用いたコンクリートの中性化の程度等も、普通セメントと同等と推察できる。

以上から、白色セメントが構造躯体の強度および耐久性に与える影響については、大きな問題はないと判断した。

(3) 顔料

顔料の添加量を変えたときの強度発現性状を表-8に示す。

表から、顔料の添加によってもコンクリート強度に影響がないことがわかり、その使用に問題ないといえる。また、顔料混入による凍結融解に対する抵抗性に関する報告^{2), 4)}があり、これによると、顔料さえ適切なものを用いれば、十分な抵抗性があるとしている（ただし、別の観点からの評価により、最終的には本施工における顔料の添加は採用されなかった）。

3.3 打上り状態

コンクリート打上り面は、表面テクスチャーとして断面形状が三角形の出目地を設けることになっている。このため、表-2に示したように、杉本実型わく材の加工法（表面仕上げ方法、プレーナーがけの程度、出目地

表-9 小型試験体による実験内容

実験 No.	要 因	水準	備 考
実験 1	型わく材表面処理	3	地板、ノロ引きふき取り、 剝離剤塗布
	顔料使用量	4	セメント量×0 %、0.5 %、 0.75 %、1 %
	顔料混合割合	2	茶色：黄色=7 : 3、6 : 4
	骨材種類	2	生コン常用骨材、白御影石
実験 2	型わく材表面処理	4	コーティング、剝離剤各 2 種類
	顔料使用量	3	セメント量×0 %、0.25 %、 0.5 %
	顔料混合割合	2	茶色：黄色=7 : 3、8 : 2
	骨材種類	2	生コン常用骨材、白御影石

の高さ、杉本実の幅、出目地配置パターン）および、表面処理方法（コーティング、剝離剤の塗布）について検討を加えた。

JASS 5（昭和 44 年版）によると、型わくに用いる杉材は、北アメリカ産のベイスギはコンクリートの硬化不良を起こしやすく、国内産のものは、とくに異常が認められないとされていることから、宮城県丸森産のものを選んだ。

1) 打上り状態の検討（その 1）

コンクリートの色調と打上り面のテクスチャーを確認するために、高さ 30 cm、幅 30 cm、厚さ 10 cm の小型試験体を用いて実験を行った。実験の内容は、表-9の

とおりである。実験の結果から、次のことがわかった。

- ① 型わく表面処理では、剝離剤を塗布したものが、杉の木目がコンクリート表面に現われ、もっとも打上り状態がよかった。これに対してコーティング処理したものは、木目が現われず打上り状態はあまりよくなかった。表面処理を施さない地板のままとしたものは、剝離剤塗布処理に次いで打上り状態がよかった。
- ② 顔料混入コンクリートは、実験 1, 2 を通して、ほぼ要求色調にかなり近づけることができたが、脱型時にコンクリート表層部が型わくに付着してしまい、打上り状態があまりよくなかった。また、顔料混入コンクリートの表面は、粉っぽくなっており、表面に密実さがみられなかった。
- ③ これに対して白色セメント単味のものは、良好な打上り面であると同時に、杉の木目もコンクリート表面に現われ良好な色調となった。

また、型わく材の表面処理方法は、剝離剤、コーティング材の種類を替えて再度検討することとし、表面仕上げ方法は、プレーナーがけを基本とするが、粗面仕上げ、平滑仕上げのどちらとするかは、表面処理方法の実験と合わせて行い、決定することにした。

2) 打上り状態の検討 (その 2)

ここでは、(その 1) の実験で、決定まで至らなかった型わく材の表面仕上げ方法と表面処理方法、ならびに、コンクリートの打放し施工で大きな課題となるコールドジョイントの発生に対し、打足し時間の目安を検討した結果を述べる。

a. プレーナーがけ粗面仕上げ、打足し時間 1 時間

b. プレーナーがけ平滑仕上げ、打足し時間 2 時間

注) 打足しは高さ 72.5 cm の半分の位置で行った。

図-4 実験要因の組合せ

表-10 コンクリートの調合

W/C	S/a	重量 (kg/m ³)				混和剤 添加量 (C×%)
		セメント	水	細骨材	粗骨材	
53.0	49.6	350	185	836	882	1.8

実験には、高さ 72.5 cm、幅 125 cm、厚さ 15 cm の大型試験体 2 体を用いた。実験要因としたプレーナーがけの程度、表面処理方法ならびに打足し時間の割り付けを図-4 に示す。実験には、表-10 に示す調合のコンクリートを用いた。この実験の結果、次のことがわかった。

- ① 杉本実の仕上げをプレーナーがけの平滑仕上げとしたほうが、粗面仕上げに比べて出目地の出具合は良好な状態であった。
- ② 打上り面の状態は、型わく表面を単に剝離剤塗布としたものが、もっとも良好であり、これに次いで、無処理 (地板) のものが比較的良好であった。
- ③ 杉の木目の出具合は、杉本実の表面処理が無処理 (地板)、剝離剤塗布のみの両者とも良好であった。また、仕上げ方法も粗面仕上げに比べると、平滑仕上げのほうがよかった。
- ④ 後打ちコンクリートの締固めの際、バイブレータの挿入位置を意図的に既設のコンクリートまで挿入しなかったにもかかわらず、打足し時間 1 時間、2 時間のいずれにもコールドジョイントの発生はみられなかった。これは、高性能 AE 減水剤を用いることによって凝結時間が遅延するのでコールドジョイントの抑制にはよい方向に働いたものと考ええる。

以上の結果から、型わく材の杉小幅板の表面仕上げ方法として、プレーナーがけの平滑仕上げが、ならびに表面処理方法として、剝離剤塗布が適切な条件であることが判明した。また、コンクリートの打足し時間間隔は、コールドジョイント防止のために、あえて JASS 5 の規定より厳しくする必要はないと判断した。

3) 打上り状態の検討 (その 3)

型わくの建込み方法、杉本実小幅板の板幅、出目地の

図-5 杉本実型わくの組み方

図-6 杉本実型わく建込み方法

図-7 出目地パターン

配置パターンなど型わくの詳細は、型わく製作見本、机上検討から次のようにした。

杉本実の小幅板による型わくは、幅 725 mm、高さ 1 250 mm を 1 ユニットとし、これを 2 枚合わせて幅 1 450 mm、高さ 1 250 mm としたものを、1 パネルユニットとした。杉小幅板の組上げ方法は、図-5 に示す

図-8 実大模擬部材形状・寸法

とおり、本実による切込みを入れて行った。接合部には、同図のようにコンクリート側の隅角部を幅 5 mm となるように面を取った。この部分が、コンクリート打込み後に目地となり、コンクリート表面に出ることになる。さらに、建込み方法は、図-6 に示すとおりである。

1 ユニットごと、あるいは 1 パネルユニットごとの接合部にはノロ止めパッキンを施した。

出目地のパターンは、1 ユニット内の小幅板の板幅

を、75 mm、90 mm、120 mm および 150 mm の 4 種類用意し、この組合せを変えて、図-7 に示す 4 種類のパターンとした。

4. 施工実験

ここでは、3 章で検討した結果に基づき、図-8 に示す実物大の模擬部材を使って、施工実験を行った結果について述べる。

まず、3 章の検討結果を踏まえて、コンクリート用材料、調査、型わく材等の仕様を整理すると表-11 のとおりである。なお、表には打放し施工後のコンクリート表面の仕上げ方法については示していないが、これは、撥水材の塗布仕上げとした。さらに、経年による打放し面の変化は自然の流れにまかせ、特別なメンテナンスは行わないことになっている。表-11 の仕様に則り、型わくの加工、建込み、コンクリートの製造、打込みを行った。写真-1 には、杉本実の型わくを建て込んだ状況を示す。

この施工実験は、これまで絞り込んできた仕様の確

認、および本施工で想定される種々の条件に対応する施工方法の検討と習熟を目的とした。確認事項を整理すると表-12 のとおりである。

締固めは、一回の打込み高さが高く、棒状バイブレータだけでは十分な締固めができないため、型わくバイブレータと棒状バイブレータを併用した。

コンクリートの打込みは、実施工でのトラブルなどを想定してコールドジョイント発生の有無を調査するため、模擬部材を下半分と上半分の 2 層に分けて行い、打足し時間間隔を 90 分とした。

実験に用いたコンクリートは、3 章の表-10 と同じ調査とした。コンクリートの試験結果を表-13 に示す。

表に示したように、所期の品質を満足するコンクリートで施工実験を行うことができた。

コンクリートの打込みは、ポンプ圧送も順調であり、

写真-1 杉本実型わく建込み状況（実大施工実験）

表-11 材料・調査・型わくなどに関する仕様

項目	細目	仕様
材 料	セメント	白色ポルトランドセメント
	骨材	生コンクリート工場常用骨材 粗骨材：棚倉産砂岩砕石 ($G_{max}=20$ mm) 細骨材：阿武隈川産川砂
	混和剤	高性能 AE 減水剤
	水	JASS 5 の規定を満足するもの
調 合	設計基準強度	210 kgf/cm ²
	スランプ	21 cm ± 1.5 cm
	空気量	4.5 % ± 1.0 %
型わく	型わく材	杉本実 宮城県丸森産
	表面仕上げ	ブレーナーがけの平滑仕上げとし、出目地の高さを小さくする。
	表面処理	剝離剤を塗布する。
	出目地の配置パターン	4 種類とする。(図-5 参照)
その他	コンクリート製造	普通セメントなどが混入して色調を損なわないようにする。
	打込み	コールドジョイント、ジャンカなどが生じないように締め固める。
	型わく(杉本実)	転用はしない。とくに、内壁面には新品を用いる。
	脱型	出目地を破損しないように細心の注意を払う。
	取合い部処理	柱等との取合い部、出隅部などはノロ漏れ防止対策を講じる。

注) 高性能 AE 減水剤は、工場添加型流動化剤として扱う。気温による強度補正は、JASS 5 に従って行う。

表-12 実大模擬部材施工実験確認事項

項目	内 容
打設時	1) コンクリートの特性 製 造 時 ワークビリティ(目視)・スランプ 荷卸し時 ワークビリティ(目視)・スランプ・空気量・コンクリート温度・塩化物量・強度
	2) バイブレータの使用状況 型わくバイブレータ・棒状バイブレータ
	3) ポンプ車による圧送状況
	4) 型わくからのコンクリート・ノロの漏れ状況
	5) 打設終了後天端でのブリージングの状況
	6) 型わく根太・大引・セパレータビッチ別の型わくの変化状況・はらみ・ゆるみ
脱型後	1) 型わく脱型時の出目地の破損状況
	2) 打上り躯体表面 肌別れ状況・木目・色調・気泡
	3) コールドジョイント・ジャンカの有無
	4) コンクリート強度
	5) 杉本実型わく剝離面の状況
	6) 型わくの破損状況
	7) パネルパターン(小幅板の板幅)の組合せ

表-13 施工実験に用いたコンクリートの性質

生コンクリート車 No.	製造時 スランプ (cm)	荷 卸 し 時			圧 縮 強 度 (kgf/cm ²)	
		スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)	1 週	4 週
1	22.3	21.6	4.2	26.0	193	310
2	21.5	20.0	4.0	26.5	—	—

写真-2 型わく脱型後の状況（実大施工実験）

バイブレータによる締固めを行っても型わくのはらみなどはなかった。また、壁天端近傍は、ブリージングなどにより、コンクリート打上り面が密実にならないことから、天端から 600 mm の部分を打込み終了 1 時間後に型わくバイブレータを用いて再振動を施した。

型わく脱型後の状況は、部材脚部にジャンカが若干みられる程度であり、コールドジョイント、出目地の破損

写真-3 型わく脱型後の状況（実大施工実験）

などもなく、全体として写真-2と写真-3のように良好な打上り状態であった。また、色調ならびに出目地のパターンも設計意図を満足させるものであった。

5. 本 施 工

ホワイトコンクリートの本施工は、試験練り、施工実験を通して積み上げてきた成果ならびに表-11の仕様に則り、かつ、特別なことではないが下記の点に留意し、密実なコンクリートの打上り面が得られるように、細心の注意を払って実施した。

- ① 打込み高さが高い場合は、途中で落とし口を設け、材料分離を防いだ。
- ② コンクリートの打込みは、回し打ちとし、コールドジョイントが発生しないように、打足し時間間隔

写真-4 美術館外観 エントランスにつながるプロムナードから見た石の広場と美術館のファサード（撮影：村井 修）

写真-5 展示ロビー 壁画はホワイトコンクリート打放しと杉小幅板、床は木製ボーダー入りのトラバーチンと
簡素な自然の風合いが素材構成の意図となっている。ガラスエッチングパターンは日照をコントロール
し、床に影のパターンを映し込む
(撮影：村井 修)

写真-6 エントランスホール正面打放し内壁面

写真-7 打放し面と出目地の状況（キャノピー柱部）

の管理を徹底した。

- ③ 締固めは、型わくバイブレータと棒状バイブレータを併用し、ジャンカ・豆板などの発生を徹底して防ぐ努力を払った。
- ④ コンクリートの打込み終了後、凝結開始前に部材上層部を再振動し、上層部での水あばたなどの発生を防いだ。
- ⑤ 生コンクリートの供給管理を徹底した。
- ⑥ ホワイトコンクリートの打設日には、前後して普通コンクリートの製造を行わないように、生コンクリート工場に協力依頼をした。

このような施工上の留意点を徹底した結果、全工期を通して無事コンクリート打設を完了することができ、そ

の結果、ごく一部にジャンカがみられたものの、型わく脱型による出目地の破損もなく、密実な打上り面を持ったコンクリートを施工することができた。

美術館竣工後の景観を写真-4～7に示す。

設計における打放しホワイトコンクリートの採用の意図であるところの「構造体の質素を素直に表現するとともに、光を砕く出目地が作り出す繊細な表情の変化」、これを満たす景観・テクスチャーを創出することができたと考える。

6. ま と め

郡山市立美術館の建設工事における打放しホワイトコンクリートの採用の理由、コンクリート材料の選定、型

わく、色調に関する調査・検討の経緯、実物大の施工実験を踏まえた本施工での成果をまとめた。

打放し施工は、昭和40年頃をピークとして盛んに行われた。その後低迷していたが最近では、またその施工例が徐々に増えてきている。今回の郡山市立美術館で採用したホワイトコンクリートの打放し仕上げは、本来コンクリートが持つ素材感を表現した開発例と位置付けられ、その応用も公共文化施設、記念構造物、モニュメントなど幅広いものがあると考ええる。

折しも、本誌の'92年7月号に「景観とコンクリート」が特集されたように、今後、建築構造物の内部空間、あるいは都市空間としてのアメニティの向上、さらには自然との調和等の要望がコンクリート構造物へも一層強く叫ばれるものと思われる。本報文がその際の一助となれば幸甚である。

7. おわりに

ホワイトコンクリートの打放し仕上げの目的達成のために結成された、建築主、設計事務所、施工者等による施工検討会のメンバーは下記のとおりである。

郡山市建設部建築課	田中 敏夫
TAK 建築・都市計画研究所	柳澤 孝彦
	和田 洋
	水内 千尋
	桑原 実
	永井 久夫
大林・東洋特定建設工事共同企業体	斉藤 勲
	堀口 泰
	塩野 義博
	斉藤 大
	木戸 祐二
(株)大林組 東北支店 建築工務部	桜井 信義
(株)大林組 技術研究所	中根 淳
	大池 武
日本セメント(株) 東北支店	河野 宏昭
郡山アサノコンクリート(株)	佐久間久男
菊兼工務店(型わく加工・組立て)	鈴木 茂夫
材料メーカー各社	

参 考 文 献

- 1) 中村 厚・高橋 泰・松中和人：ホワイトセメントコンクリートに関する2,3の実験, セメント技術年報, Vol. 14, pp. 320~323, 昭45
- 2) 山本邦夫・福手 勤・濱田秀則・渡辺夏也：海洋環境下におけるカラーコンクリートの材料特性に関する実験的研究, セメント技術大会講演集, 第45回, pp. 562~567, 1991
- 3) 江原恭二・北村喜啓・近藤照夫：有彩コンクリートの建物の施工 SVAX TS, 建築の技術 施工, pp. 37~44,

1988.9

- 4) 今井益隆・大橋 猛・根本任宏：着色コンクリートの強度と耐久性, 土木試験所月報, No. 402, pp. 27~34, 1986.11