

軽量PCa板用鏡面仕上げ 塗装工法の開発

Development of a Mirror Finish Coating System
for Lightweight Pre-cast-concrete Plates



関西ペイント販売(株)
建設塗料本部
建築技術部(東京)
金谷 茂
Shigeru
Kanaya

1. はじめに

プレキャストコンクリート板(以下PCa板と称する)は、工場で生産され、建築現場での作業を省力化し、早くて品質の良い建物を構築することができる。また、近年の建築物高層化のため建物総重量低減化の必要性から、PCa板の軽量化が進み同時に大型化してきたが、それに伴いPCa板表面に微細なひび割れが発生するという問題が顕在化している。この問題の解決策として下地のひび割れに追従する弾性タイプの塗装仕様が考えられるが、①鏡面仕上げや光沢の調整が困難で仕上がりが制限される。②PCa板に対し塗膜付着力が低い傾向にある。また、軽量コンクリートは普通コンクリートに比べ含水率が高く保水性も高い性質があり、塗膜膨れが発生し易いなどの欠点が明らかになった。今般、この軽量PCa板に対し塗膜付着力を向上することによって膨れの発生防止を行うと共に、微細ひび割れ

に追従する鏡面仕上げ塗装仕様の開発を(株)大林組技術研究所と共同で行った。^{1), 2), 3)}

2. 塗装仕様開発の経緯

最初に、軽量PCa板への鏡面仕上げ仕様として表1に示す微弾性仕様(検討仕様-1)を検討した。しかし、この仕様は微細ひび割れ追従性には非常に良いが、PCa板からの裏水による膨れが発生し易く、下地調整材の施工性(研磨性)などにも問題があった。次に一般コンクリート面で実績があるセメント系下地調整材を用いた仕様(以下検討仕様-2)を軽量PCa板に対して検討した。この検討仕様-2を表2に示す。特にこの仕様で用いているウレタン樹脂系フィラーは、膜厚が確保し易く、強靱な塗膜物性によりひび割れ追従性に有効であり、エポキシ樹脂系パテと共に使用することによって鏡面仕上げ施工にも優れている塗料

表1 検討仕様-1(微弾性仕様)

工程	塗料種及び処置
素地調整	エフロ、レイタンス、ゴミ、ヨゴレをワイヤーブラシやサンドペーパー等を使用して除去する。
下地表面処理	エポキシ樹脂系浸透型シーラー 140g/m ²
表面下地作り	アクリル樹脂系微弾性フィラー 600g/m ²
研磨	乾燥後、下地調整材をWアクションサンダーにて研磨する。研磨紙P80~120
下塗り1	エポキシ樹脂系下塗り塗料1 180g/m ²
パテ処理	エポキシ樹脂系パテ 適量
研磨	乾燥後、パテ処理部をWアクションサンダーにて研磨する。研磨紙P120~240
下塗り2	エポキシ樹脂系下塗り塗料1 180g/m ²
研磨	乾燥後、パテ処理部をWアクションサンダーにて研磨する。研磨紙P320~400
中塗り	低汚染ふっ素樹脂系中塗塗料 120g/m ²
上塗り	低汚染ふっ素樹脂系上塗塗料 120g/m ²

表2 検討仕様-2(一般コンクリート仕様)

工程	塗料種及び処置
素地調整	エフロ、レイタンス、ゴミ、ヨゴレをワイヤーブラシやサンドペーパー等を使用して除去する。
表面下地作り	セメント系下地調整材 500g/m ²
研磨	乾燥後、下地調整材をWアクションサンダーにて研磨する。研磨紙P80~120
下塗り	エポキシ樹脂系下塗り塗料2 120g/m ²
パテ処理	エポキシ樹脂系パテ 適量
研磨	乾燥後、パテ処理部をWアクションサンダーにて研磨する。研磨紙P120~240
鏡面フィラー処理	ウレタン樹脂系フィラー(鏡面仕上げタイプ) 300g/m ²
研磨	乾燥後、パテ処理部をWアクションサンダーにて研磨する。研磨紙P320~400
中塗り	低汚染ふっ素樹脂系中塗塗料 120g/m ²
上塗り	低汚染ふっ素樹脂系上塗塗料 120g/m ²

である。しかし、この検討仕様—2においても、軽量PCa板では、素材との付着力が弱く含水率が高い状態では裏水による膨れが発生することを確認した。以上のことから、軽量PCa板に対しこの塗装仕様をベースに裏水の抑制と付着力の向上をポイントとして開発に着手した。ここまで検討してきたシステムの性能および開発品の目標レベルを表3に整理した。なお、上塗りには耐候性、耐汚染性の観点から高耐候低汚染ふっ素樹脂塗料を用いている。

表3 軽量PCa板への仕様検討経過と開発目標の設定

	微細ひび割れ追従性	施工性	付着力	裏水抵抗性
検討仕様—1	◎	△	×	×
検討仕様—2	○	○	△	△
開発目標仕様	○	○	○	○

評価：優◎ > ○ > △ > × 劣

3. 機能目標及び試験方法

3.1 耐塗膜膨れ性



JIS A 6909に準じた温冷繰り返し試験（10サイクル）において塗膜表面に膨れが発生しないことを目標とした。

試験方法は塗装後14日後のものを初期とし、その後JIS A 6909に準じた温冷繰り返し試験（10サイクル）を行った。

3.2 微細ひび割れ追従性

塗膜の微細ひび割れ追従性は、目標値をPCa板表面において実測したひび割れ幅の最大値0.06mmを基に、(株)大林組技術研究所との協議の結果、ゼロスパンテンション（下地のひび割れに対する塗膜の追従性）伸び量として0.1mm以上に設定した。

表4 使用した軽量PCa板の種類

	軽量1種コンクリート	特殊軽量（軽量2種相当）コンクリート
水セメント比	46%	35%
密度	1.85g/cm ³	1.35g/cm ³
外観		

参考：普通コンクリートは、水セメント比50～65%、密度2.2～2.4g/cm³

3.3 施工性・仕上がり性

施工性は鏡面仕上がりにおいて必要な研磨性に重点を置き、研磨時の研磨紙への塗膜の絡みが少ないこととし、仕上がり性は鏡面仕上げを目標とした。

4. 試験体について

試験体については、普通モルタル板と大型化、軽量化に伴って採用が増加している軽量コンクリートとした。

軽量コンクリートは軽量1種コンクリート及び発泡硝子ビーズを混合した特殊軽量（軽量2種相当）コンクリートの2種類のPCa板とした。（表4参照）

また、PCa板の含水率としては8%と、より膨れの発生し易い条件である12%に調整したもので試験を行った。なお、含水率はKett HI-520コンクリート・モルタル・ALC水分計にて測定を行っている。

5. 開発検討経過

5.1 裏水抑制検討

検討仕様—2では素材からの裏水をセメント系下地調整材で拡散させることにより、膨れの抑制を図ってきたが、本検討では、裏水を素材の表面でコントロール（抑制）することを目的に無機系透水防止剤の効果を確認した。試験は裏水の仮想として、塗装したスレート板の裏面からの透水試験（JISロート法）を実施した。その結果を表5に示す。

表5 素材（スレート）裏面からの透水量（ml）測定結果

表面塗膜	経過時間				
	1時間後	2時間後	5時間後	7時間後	24時間後
無機系透水防止剤～下地調整材	0.3	0.5	0.9	1.2	2.8
下地調整材	1.3	2.7	表面塗膜にしみだし測定中止		
他社システム	2.1	2.8	表面塗膜にしみだし測定中止		

無機系透水防止剤が無処理の場合、水分が塗膜へ大量に浸透するのに対し、無機系透水防止剤を塗付することにより裏水の浸透を抑制する効果が確認できた。

5.2 下地調整材の検討

無機系透水防止剤の効果を発揮させ、さらに付着力を向上させる下地調整材の検討を行った。各種下地調整材を用いた仕様での付着性、施工性・仕上がり性の結果を表6に示す。この下地調整材の検討では下地をモルタル板にて検討を行い、この結果として、付着力が最も高く、施工性・仕上がり性の良い溶剤型エポキシ樹脂系下地調整材を選択することとした。

表6 下地調整材検討

No.	性 状				塗装システムでの塗膜性能						
	下地調整材樹脂系	標準塗付量 kg/m ²	可使時間 23℃	塗装間隔 23℃	表面処理剤	付着力N/mm ²		膨れ発生の 有無	施工性		仕上がり性 (平滑性)
						初期	温冷繰り返し後		塗装作業性	研磨性	
1	エチレン酢酸ビニル系 再乳化形粉末樹脂	1.7	1時間	48時間	無機系透水防止剤	1.3	2.0	無	○	×	○
2	水性型エポキシ樹脂系1	—	2時間	24時間	無機系透水防止剤	2.6	2.7	無	○	○	○△
3	溶剤型エポキシ樹脂系	1.0	2時間	16時間	無機系透水防止剤	2.8	3.2以上	無	○	○	○
4					無	1.9	2.4	無			
5	酢酸ビニル樹脂 (セメント系下地調整材)	0.7	1時間	18時間	無機系透水防止剤	0.8	1.9	無	○	○△	○△
6					無	0.5	0.9	無			
7	アクリル樹脂系 (微弾性仕様)	0.8	—	8時間	エポキシ樹脂系 浸透型シーラー	0.2	1.2	有	△	×	○△
8	水性型エポキシ樹脂系2 (他社システム)	0.8	2時間	24時間	他社シーラー	1.7	3.2	無	○	○	○

施工性、仕上がり性評価：優 ○ > ○△ > △ > × 劣

また、溶剤型エポキシ樹脂系下地調整材を用いた塗装仕様において、無機系透水防止剤を併用することにより温冷繰り返し試験後の付着力維持にも効果が確認された。

5.3 塗膜物性試験

無機系透水防止剤を加え、検討仕様—2のセメント系下地調整材に代わり、溶剤型エポキシ樹脂系下地調整材を使用した仕様（以下開発仕様、表7）で塗膜物性試験を行った。

表7 開発仕様

工程	塗料種及び処置
下地表面処理	無機系透水防止剤 100g/m ²
素地調整	エフロ、レイタンス、ゴミ、ヨゴレをワイヤーブラシやサンドペーパー等を使用して除去する。
表面下地作り	溶剤型エポキシ樹脂系下地調整材 500g/m ²
研磨	乾燥後、下地調整材をWアクションサンダーにて研磨する。 研磨紙P80~120
下塗り	エポキシ樹脂系下塗り塗料 2 120g/m ²
パテ処理	エポキシ樹脂系パテ 適量
研磨	乾燥後、パテ処理部をWアクションサンダーにて研磨する。 研磨紙P120~240
鏡面フィラー処理	ウレタン樹脂系フィラー（鏡面仕上げタイプ） 300g/m ²
研磨	乾燥後、パテ処理部をWアクションサンダーにて研磨する。 研磨紙P320~400
中塗り	低汚染ふっ素樹脂系中塗塗料 120g/m ²
上塗り	低汚染ふっ素樹脂系上塗塗料 120g/m ²

5.3.1 ゼロスパンテンション試験

微細ひび割れ追従性の評価として、開発仕様のゼロスパンテンション試験を行った。比較は、検討仕様—1と検討仕様—2である。この結果を図1に示す。

開発仕様は、他の仕様甚至比若干劣るものの、塗膜の伸び量目標値である0.1mmは達成した。なお、本試験は膜厚効果が大きく、規定の塗付量で試験片を作成することにより、開発仕様での伸び量は常に0.1mm以上であることを確認している。

5.3.2 塗膜付着性

PCa板を用いて、素材の含水率を8%に調整し、付着試験を行った結果を図2に示す。軽量1種、特殊軽量コンクリートともに、検討仕様—2よりも、開発仕様の付着性が高く下地調整材検討の結果と同様、良好な結果が得られた。

さらに素材の含水率を12%に調整した試験においても、含水率8%と同様の結果となり、含水率が高い場合でも開発仕様は付着力が高く、膨れも発生しない結果（図3）を得た。

以上の結果より、実大施工性試験を開発仕様で行うこととした。

6. 実大PCa板での施工性試験

実施工性試験は、2005年2月2日~15日に東京都清瀬市にある(株)大林組技術研究所の敷地内にて実施した。

6.1 実施工での試験塗装仕様

実施工性試験の塗装仕様は検討仕様—1と開発仕様で行った。

実大軽量PCa板は幅3000mm×高さ2000mm×厚さ200mmであり、左右各半面に検討仕様—1と開発仕様を塗装した。

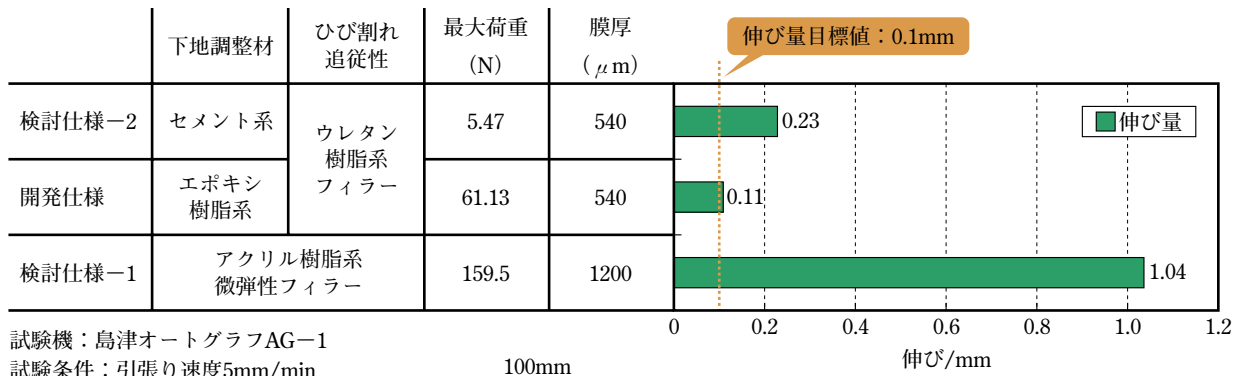


図1 ゼロスパンテンション試験結果

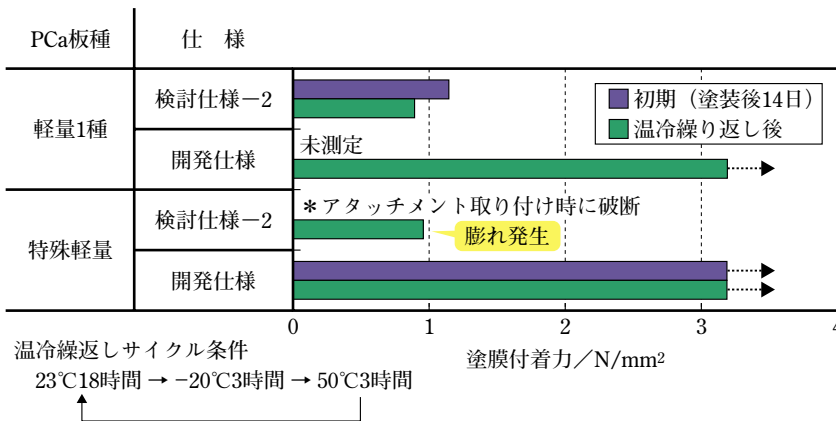


図2 PCa板(下地含水率8%)における付着性試験結果

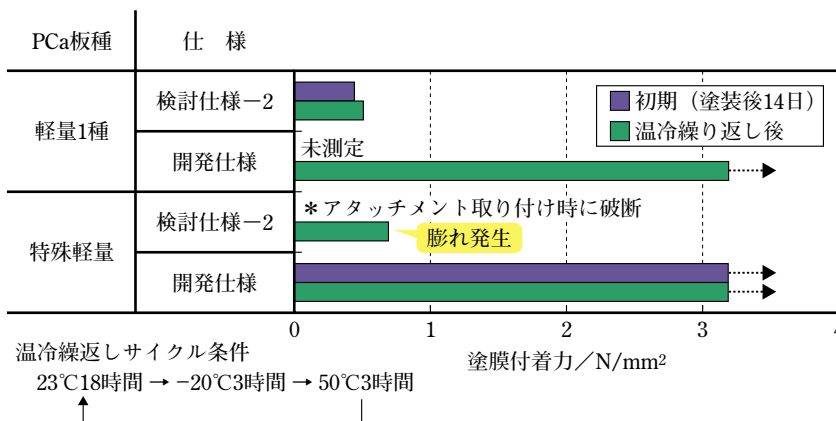


図3 PCa板(下地含水率12%)における付着性試験結果

6.2 実大PCa板について

実施工性試験に使用した軽量PCa板は、軽量1種コンクリートと特殊軽量コンクリートの2種類とした。軽量PCa板は製造されてから3ヵ月の養生期間を経過したものであり、含水率は塗装開始時に水分計にて測定したところ、軽量1種が約10%、特殊軽量コンクリートが約11%であった。塗装前の軽量PCa板表面の状態は、軽量1種は0.05mm程度の微細ひび割れが僅かに認められたのに対し、特殊軽量コンクリートは部分的に集中して0.1mm以下の微細ひび割れが多数発生していることが確認できた。

6.3 実施工試験での確認項目

実施工性試験では、①実大施工板への施工性(塗装作業性)及び仕上がり性、②実大施工板でのひび割れ追従性、③膨れ発生防止効果(初期付着力、曝露後付着力)について従来仕様との比較を行った。

6.4 施工性試験結果

6.4.1 実大軽量PCa板への施工性（塗装作業性）及び仕上がり

塗装者にヒヤリングを行い、作業性を評価してもらった。その結果、検討仕様—1のアクリル樹脂系微弾性フィラーは、研磨する際に研磨紙への絡みが発生し作業性がやや悪い評価であったのに対し、開発仕様の溶剤型エポキシ樹脂系下地材は、研磨時の作業性が良い評価を受けた。また、ウレタン樹脂系フィラーも研磨し易く、作業性が良いという評価であり、開発仕様全体としても実施工レベルで問題ない作業性であることが確認できた。

仕上がり性は、軽量1種、特殊軽量共に、非常に平滑な鏡面仕上がりとなった(写真1)。



写真1 PCa板試験施工仕上がり

6.4.2 実大施工板でのひび割れ追従性

実大板の表面を塗装前に微細ひび割れの状況を目視観察及びクラックゲージでひび割れ幅を測定した。軽量1種には0.05mm程度の微細ひび割れが少々あり、特殊軽量コンクリートには微細ひび割れ(0.1mm以下)が多く確認できた。

塗装後6ヵ月経過の段階では、塗膜表面にひび割れは発生しておらず、ひび割れ追従性が確保されていると判断している。

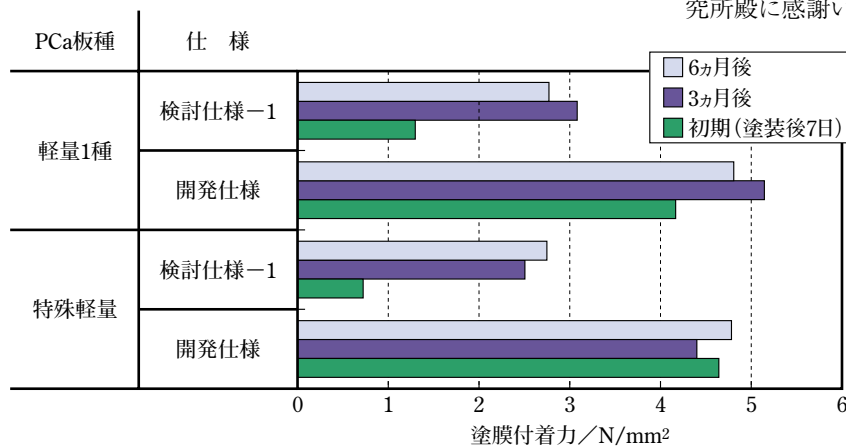


図4 実大施工試験付着力経過

6.4.3 膨れ発生防止効果（初期付着力、曝露後付着力）

塗膜付着性を、塗装終了後7日後を初期付着として以降、3ヵ月、6ヵ月と建研式引張試験機で測定した。結果を図4に示す。

初期付着では、検討仕様—1の付着力が1N/mm²程度であるのに対して、開発仕様は4N/mm²を超える良好な付着力を示し、特に特殊軽量コンクリートにおける剥離は、開発仕様では100%素材からの破断であった(写真2)。また、初期付着力が高いことから、塗装初期から膨れに対して抑制効果が発揮されていることがわかる。

3ヵ月後、6ヵ月後においても開発仕様は高い付着力(4N/mm²以上)を示していることから塗膜膨れの抑制が維持されていると判断する。塗膜外観上も、塗装後6ヵ月後で膨れの発生は認められていない。

7. おわりに

現在、高層建築物の建設により軽量コンクリートの需要が多く、各塗料メーカーより塗装仕様が提示されているが、微細なひび割れと塗膜膨れが発生し問題となっている。今回開発した塗装仕様は、微細ひび割れ追従性及び塗膜膨れの対策に効果があり、高仕上がり性、高耐久性が得られることから、今後の軽量PCa板市場への適用拡大が期待される。

参考文献

- 1) 金谷茂、堀長生、奥田章子：日本建築学会 2005年度大会(近畿) 学術講演梗概集 p.293-295 (2005)
- 2) 堀長生、奥田章子、金谷茂：日本建築学会 2005年度大会(近畿) 学術講演梗概集 p.295-296 (2005)
- 3) 奥田章子、堀長生、金谷茂：日本建築工上学会2005年大会学術講演会 研究発表論文集 p.267-270 (2005)

8. 謝辞

本開発にあたり、ご協力いただいた(株)大林組技術研究所殿に感謝いたします。

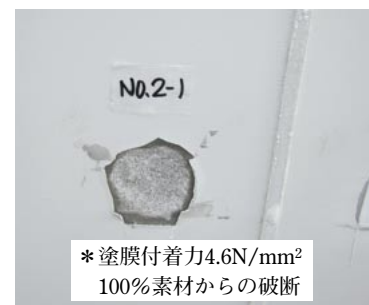


写真2 塗膜付着力測定