

報告

[1185] コンクリートの下地処理が溶射被膜の性能に及ぼす効果

小川晴果*¹・住野正博*²・長尾覚博*³・青山 幹*⁴

1. はじめに

コンクリートの仕上げ材として金属溶射を行う場合には、コンクリートの湿分・アルカリ分を遮断すると共に十分な接着強度と膜厚を確保する必要がある[1]。本報では、フレーム溶射によりコンクリート下地面に金属溶射皮膜を形成する際の下地処理方法について検討した。実験要因としてコンクリート下地の含水状態、下地処理方法、溶射材料の種類および表面仕上げ（研磨・封孔処理）方法を取り上げ、溶射皮膜の接着性と膜厚確保のための下地処理方法を示した。更に熱冷繰り返しによる促進劣化試験を行い溶射皮膜の接着耐久性についても検討を行った。

2. 下地処理方法に関する実験

2. 1 実験概要

(1) 使用材料

下地コンクリートは、通常の建築構造物の外壁を想定した仕様（スランプ18±2.5cm，空気量4±1%，設計基準強度210kgf/cm²）とした。下地処理用プライマーは、特殊変性エポキシ樹脂に微粒分（珪砂，ガラス粉，タルク）を混入したものをを用いた。溶射材料としては JIS H 4040（アルミニウムおよびアルミニウム合金の棒および線）に準拠した溶射用アルミ線および溶射用銅線を用いた。また、封孔処理材にはフッ素樹脂クリアー塗料を用いた。

(2) 実験因子および水準

- A. 下地含水状態：A₁乾燥（20 ± 3 °C, 65 ± 5%R.H. 気中養生）、A₂湿潤（標準水中養生）
- B. 下地処理方法：B₁無処理、B₂プライマー（珪砂）、B₃プライマー（ガラス）、B₄プライマー（タルク）
- C. 溶射材の種類：C₁アルミ（融点658 °C）、C₂ 銅（融点232 °C）
- D. 研磨処理方法：D₁研磨有、D₂研磨無、E. 封孔処理方法：E₁封孔有、E₂封孔無

(3) 実験方法

下地コンクリート（300×300×150 mm）に所定の下地処理を施した後フレーム溶射機を用いて金属溶射を行った。膜厚管理は150 μm 以上を目標とし、予備試験結果に基づき溶射時間を一定にすることにより行った。溶射後金属光沢を得るための研磨処理および封孔処理を行った。表面処理方法の割り付けを図-1に示す。溶射皮膜の接着強度は、図-2に示す様に溶射皮膜に40×40mmの切込を入れ、鋼製アタッチメントをエポキシ樹脂系接着剤で張りつけ建研式引張り試験機を用いて求めた。また溶射膜厚は顕微鏡観察により求めた。

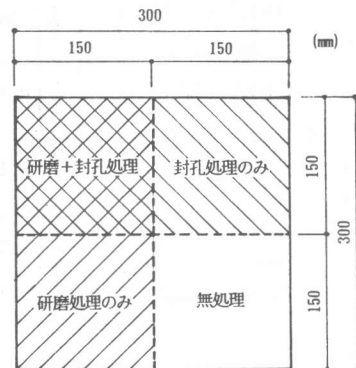


図-1 表面処理方法の割り付け

*¹ 大林組技術研究所 建築第三研究室研究員、工修（正会員） *² 同 化学研究室主任研究員

*³ 同 建築第二研究室主任研究員、工修（正会員）、*⁴ 同 建築第三研究室室長

2. 2 実験結果

(1) 溶射膜厚測定結果

溶射膜厚の測定結果を表-1に示す。また、溶射膜厚に及ぼす各種実験因子の要因効果を明確にするため、溶射膜厚を目的変数とする多変量解析(林式数量化I類)を行った。図-3に各種要因効果の解析結果を示す。

溶射膜厚に最も影響しているのは、下地処理方法であった。エポキシ樹脂に硅砂を混入したプライマーを用いたものの膜厚が大となったが、ガラスおよびタルク微粉末を混入したものではアルミを溶射材料とした場合に所定の膜厚が得られなかった。これは、硅砂ほどの顕著な凹凸が下地表面に形成されなかったことによると推察される。溶射皮膜の下地への接着機構は投錨効果

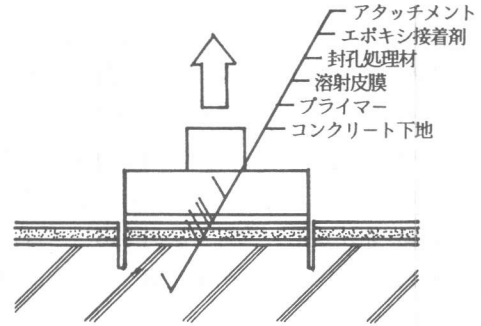


図-2 接着力試験要領

表-1 溶射膜厚接着強度測定結果

による機械的結合とされており、鋼材面に溶射を施す場合にはブラストによる粗面形成が一般的である[2]。コンクリート下地の場合にもプライマーによる適切な粗面形成が溶射膜厚を確保する上で重要と考える。

また、下地処理方法および溶射時間が同じでも溶射材料によって形成された膜厚に差が生じた。今回の実験ではアルミに比べ融点の低い錫の方が膜厚が大きくなり、下地コンクリートが湿潤である場合に特にその傾向が顕著であった。

一方、金属溶射面の光沢を得るための研磨処理による溶射膜厚の減少はほとんど認められなかった。

NO.	下地条件		下地処理	溶射材料	表面処理*1		溶射膜厚 μm	接着強度 kgf/cm ²	破断割合(%) *2		
	1	2			研磨	封孔			母材	表層	界面
1	1	乾燥	無	アルミ	○	○	132	10.9	10	90	0
	2				○	○	146	5.4	0	100	0
	3				○	○	175	17.1	10	90	0
	4				○	○	148	16.6	30	70	0
2	1	湿潤	無		○	○	160	2.5	0	100	0
	2				○	○	169	3.5	0	100	0
	3				○	○	147	2.7	0	90	10
	4				○	○	151	2.5	0	90	10
3	1	乾燥	硅砂混入		○	○	177	17.5	100	0	0
	2				○	○	200	16.2	100	0	0
	3				○	○	207	21.6	100	0	0
	4				○	○	178	18.9	100	0	0
4	1	湿潤	無	○	○	165	14.4	100	0	0	
	2			○	○	163	7.5	100	0	0	
	3			○	○	172	14.4	100	0	0	
	4			○	○	175	11.4	100	0	0	
5	1	乾燥	珪砂混入	錫	○	○	124	18.5	100	0	0
	2				○	○	100	20.4	100	0	0
	3				○	○	138	11.6	100	0	0
	4				○	○	68	16.7	100	0	0
6	1	乾燥	珪砂混入		○	○	102	23.7	100	0	0
	2				○	○	99	22.6	100	0	0
	3				○	○	125	18.1	100	0	0
	4				○	○	98	20.0	100	0	0
7	1	乾燥	無		○	○	219	23.8	0	100	0
	2				○	○	195	14.6	35	65	0
	3				○	○	229	17.7	0	100	0
	4				○	○	207	12.6	0	100	0
8	1	湿潤	無	○	○	226	16.4	0	100	0	
	2			○	○	193	18.0	0	100	0	
	3			○	○	227	14.2	0	100	0	
	4			○	○	209	13.4	0	100	0	
9	1	乾燥	珪砂混入	○	○	192	21.8	100	0	0	
	2			○	○	180	20.5	100	0	0	
	3			○	○	187	19.3	100	0	0	
	4			○	○	176	18.3	100	0	0	
10	1	湿潤	無	○	○	204	26.5	0	100	0	
	2			○	○	175	16.8	0	100	0	
	3			○	○	202	37.3	35	65	0	
	4			○	○	188	21.7	0	100	0	
11	1	乾燥	珪砂混入	○	○	136	17.8	100	0	0	
	2			○	○	155	14.7	100	0	0	
	3			○	○	173	18.2	100	0	0	
	4			○	○	204	18.0	100	0	0	
12	1	乾燥	珪砂混入	○	○	150	23.4	100	0	0	
	2			○	○	147	18.8	100	0	0	
	3			○	○	134	19.9	100	0	0	
	4			○	○	106	20.7	100	0	0	

*1○:有,-:無, *2母材:CON母材破断, 表層:CON表層破断, 界面:溶射の界面剥離

(2) 接着強度試験結果

接着強度試験結果および破断状況観察結果を表-1に示す。溶射膜厚の場合と同様に接着強度を目的変数とする多変量解析を行った結果を図-4に示す。接着強度に最も影響しているのは、下地処理方法であった。プライマー処理を行うことにより接着強度は増大した。無処理のものではコンクリート下地表層での破断を多く呈したのに対してプライマー処理を行うことによりコンクリート母材の凝集破断を多く呈し、プライマーが溶射によるコンクリート表層の熱劣化の緩和に寄与しているものと推察される。

また、溶射材料の種類により接着強度は大きく異なり、銅の方がアルミよりも接着強度は大きかった。特にアルミは下地含水状態の影響を強く受け、湿潤下地面に対してはプライマー処理を行わないと接着強度が著しく低下した。

一方、研磨処理による接着強度の低下は認められなかったが、封孔処理は接着強度の向上に寄与していると考えられる。

3. 接着耐久性に関する実験

3.1 実験概要

(1) 使用材料

下地材は、JIS A 5304 (舗装用コンクリート平板) に準拠したコンクリート歩道板 (300 × 300 × 60mm) とし、下地処理用プライマーは特殊変性エポキシ樹脂に硅砂を混入したものをを用いた。溶射材料は、アルミ、銅の他にJIS H 3260 (銅および銅合金線) に準拠した溶射用銅線を用いた。封孔処理材はフッ素樹脂クリアー塗料を用いた。

(2) 実験因子および水準

A. 下地処理方法: A₁無処理、A₂プライマー (硅砂)

B. 溶射材の種類: B₁銅 (融点1,083℃)、B₂アルミ (融点658℃)、B₃銅 (融点232℃)

C. 封孔処理方法: C₁封孔有、C₂封孔無

(3) 実験方法; コンクリート平板を下地材とし2.1(3)に準じて金属溶射を行った。試験体はすべて研磨処理を行った後、割り付けに従い封孔処理を行った。これらの試験体をプログラム恒温槽内に入れ、図-5に示す要領で熱冷繰り返し (-20 ~ 80℃) を行った。10、30、50および70サイクル毎に試験体を恒温槽内より取り出しJIS K 5400 (塗料一

実験因子 7因子	水準 3因子	溶射膜厚 (μm)											効果 3因子スコア		
		-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30					
下地の含水状態	湿潤														-0.917
下地の含水状態	乾燥														0.458
溶射金属の種類	アルミ														-18.646
溶射金属の種類	銅														18.646
下地処理の方法	無処理														18.271
下地処理の方法	硅砂混入														18.771
下地処理の方法	プライマー混入														-28.479
下地処理の方法	プライマー+硅砂混入														-45.604
研磨処理の有無	有り														-2.396
研磨処理の有無	無し														2.396
封孔処理の有無	有り														5.688
封孔処理の有無	無し														-5.688

図-3 溶射膜厚に対する要因効果 (n=48, R²=0.7526)

実験因子 7因子	水準 3因子	接着強度 (kgf/cm ²)											効果 3因子スコア		
		-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3					
下地の含水状態	湿潤														-1.859
下地の含水状態	乾燥														0.850
溶射金属の種類	アルミ														-2.593
溶射金属の種類	銅														2.631
下地処理の方法	無処理														-4.109
下地処理の方法	硅砂混入														2.489
下地処理の方法	プライマー混入														-0.841
下地処理の方法	プライマー+硅砂混入														3.188
研磨処理の有無	有り														-0.093
研磨処理の有無	無し														0.094
封孔処理の有無	有り														1.325
封孔処理の有無	無し														-1.268

図-4 接着強度に対する要因効果 (n=144, R²=0.4048)

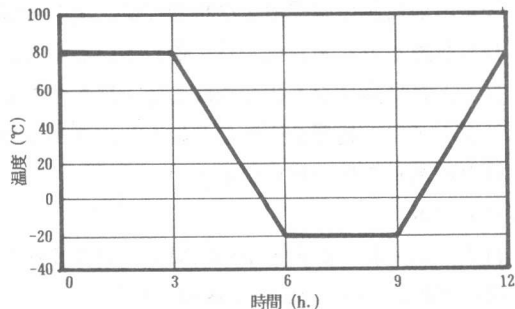


図-5 熱冷繰り返り条件 (1サイクル)

般試験方法)のXカットテープ法に準じて溶射皮膜の接着性試験を行うとともに、そのはがれの状態を目視観察し評価基準に従い点数をつけた。

3. 2 実験結果

熱冷サイクル後の溶射皮膜の接着試験の評価結果を図-6~8に示す。

珪砂を混入したエポキシ樹脂プライマーによる下地処理を行うことにより、銅のような高融点金属に対しても良好な接着耐久性が得られることが確認された。銅とアルミでは、プライマー処理を行わず封孔処理も行わないと接着性が著しく低下した。但し、プライマー処理を行わなくても封孔処理を行うことにより溶射皮膜の接着性がかなり改善されることが判明した。一方、錫に関してはプライマー処理の有無にかかわらず熱冷サイクルを受けても良好な接着性を有していた。

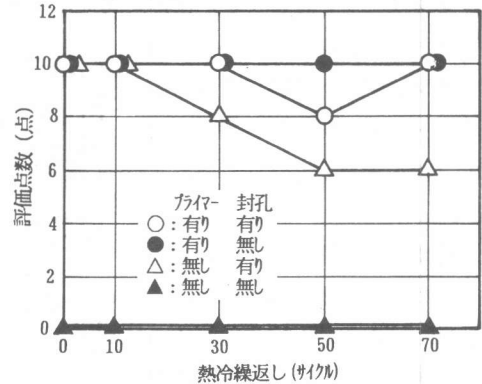


図-6 銅溶射皮膜の接着耐久性試験結果

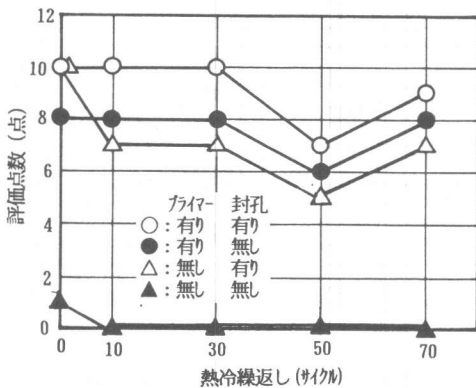


図-7 アルミ溶射皮膜の接着耐久性試験結果

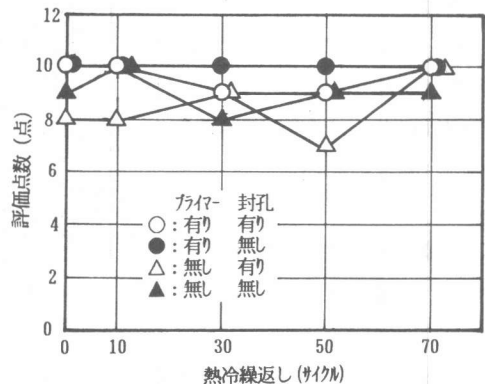


図-8 錫溶射皮膜の接着耐久性試験結果

4. まとめ

今回の実験を通じて以下のことが明らかになった。

① コンクリート下地に金属溶射を行う際、適度な粗面を形成するエポキシ樹脂系プライマー処理を行うことにより、下地の含水率にかかわらず十分な膜厚と接着強度を得ることができる。

② 溶射皮膜の膜厚および接着性は、溶射金属の種類によって大きく異なる。錫の方がアルミよりも膜厚が厚くまた接着性に優れている。また、金属光沢を得るための研磨処理は、溶射膜厚にほとんど影響はなく接着強度の低下にもつながらない。

③ プライマー処理を行うことにより、アルミや錫をはじめ銅の様な融点の高い金属に対しても良好な接着耐久性が得られる。

[参考文献]

- 1) 青山 幹・林 好正・小川晴果：コンクリート建造物の金属溶射仕上げ、日本建築学会大会学術講演梗概集、p. p. 125-126、1990. 10
- 2) 日本溶射協会編：溶射ハンドブック、(株)新技術開発センター、1987