

報告 超薄膜UVカット型保護塗膜の光学式膜厚測定方法の研究

長谷川 昌明^{*1}・金子 祐司^{*2}・浅野 幸男^{*3}・六郷 恵哲^{*4}

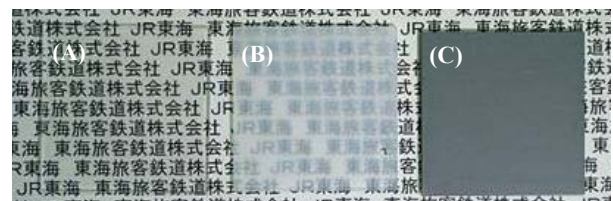
要旨：コンクリートの中性化防止のための表面保護工に代表される，構造物の保護膜の耐候性向上のために新しい上塗り保護塗膜を開発した。本塗膜は透明度に優れた膜厚 3～5 μm の超薄膜であるにもかかわらず，優れた紫外線遮蔽性能を有する¹⁾。しかし，透明度の高い超薄膜であるが故に，施工現場における膜厚の測定方法がないのが現状である。そこで本報告では，本塗膜施工時のマイクロスコープを使った輝度差を活用した膜厚測定方法を提案する。この輝度差法は，最高 0.1 μm までの精度を示し，施工現場においてもその有効性が示された。

キーワード：紫外線遮蔽，保護塗膜，酸化チタン，膜厚測定，マイクロスコープ，輝度差

1. はじめに

コンクリート構造物の劣化が社会問題となつて以来，約 20 年が経過した。この間，コンクリート構造物の劣化防止，補修，強度回復が社会的に重要な課題とされ，種々の劣化機構の解明，補修や補強工法の開発，法的規制や基準・規格の設定などが行われてきた。コンクリートの劣化要因である中性化を防止するために，外界からの劣化因子に対する防護を目的としたコンクリート構造物の表面保護工が建築の分野では普及している。基本的には表面保護工は，プライマー，パテ，主材（中塗り）および上塗り材で構成される。このうち，上塗り材の機能面での役割は，日射による紫外線から主材を保護することであり，耐候性に優れた樹脂に顔料を添加したものが，塗料として用いられている。一般的に上塗り材は，劣化要因と被覆工法自体の設計耐用期間に応じて 30～90 μm 程度の膜厚となる。有機系被覆材が有すべき共通の基本的要求性能として，コンクリートとの一体性と耐候性が挙げられており，紫外線劣化に対する耐候性が重要視されている²⁾。

2007 年に筆者らは，表面保護工の上塗り材に，無機系紫外線吸収材（酸化チタン）を用いて紫外線を遮蔽する塗膜（以下，UV カット型保護塗膜という）を開発した¹⁾。本塗膜は，薄片状の酸化チタンを含み高い紫外線遮蔽性能を有するとともに，膜厚 3～5 μm という超薄膜により，図-1 のように半透明性の確保を可能とした。この塗膜は，従来技術にはない施工後における主材の状態が観察しやすいという利点があり，補修後の被覆主材や母材コンクリートの変状を，目視により早期に確認しやすいという特徴がある。しかし，これらの性能を発揮させるためには，施工における膜厚管理が重要であり，そ



(A) ガラス (B) 保護塗膜 (C) 市販の塗料

図-1 (半) 透明性の比較

のためには，厚さ数 μm 程度となる膜厚の測定技術の確立が不可欠となる。実験室レベルでは多数の膜厚測定機器があるが，施工現場における数 μm の塗膜厚の測定技術は皆無である。従来の施工現場における膜厚測定方法としては，非破壊式方法としての電磁式，渦電流式，永久磁石式，超音波式方法があり，破壊式方法としてのウェットゲージ式や切断した膜のカット面で膜厚を測定するカット式がある。またこれらは，素地の材質や塗料の種類に限定された方法であり，一般性に欠ける。さらに，従来の方法では，測定精度が最高 10 μm 程度であるため，現場施工における透明塗膜形成のための高精度の膜厚測定技術が必要であった。そこで本研究は，透明度に優れた薄い塗膜を対象として，塗膜施工時における膜厚の測定方法を提案することを目的とし，輝度から膜厚を推定する方法について検討し，得られた輝度法を実際の塗布対象物に試して，施工現場における適用性を確認するとともに，実用化に向けた検討を行った。

2. 塗膜厚測定方法の試験概要

2.1 基礎実験

試験体は，ガルバニウム板（150×70×0.5mm）上に，白色系の遮熱塗料を刷毛で 300 μm 程度の厚さで塗布した

*1 東海旅客鉄道(株) 総合技術本部 技術開発部 グループリーダー 工修 (正会員)

*2 東海旅客鉄道(株) 総合技術本部 技術開発部 主幹研究員 博士 (理学)

*3 岐阜大学 社会資本アセットマネジメント研究センター 博士 (工学) (正会員)

*4 岐阜大学 工学部 社会基盤工学科 教授 工学博士 (正会員)

ものを試験片とした。UV カット型保護塗膜は、厚さ 1nm 以下、長さ数十 μm オーダーの薄片状の酸化チタニアナノシート（10 wt%）をバインダー（NRC-350A）（日本曹達株式会社製）に分散させ、自転公転混合機で攪拌して作製された白色の液体であり、スプレーで塗装した。図-2 に示すように、試験片の表面に黒線を引き、さらにその表面に UV カット型保護塗膜を未塗布、1、2、3 回塗布して、その塗布回数と輝度との関係を調べた。なお、図中試験片のオレンジ色線は、線の色が輝度に与える影響を黒色と比較するために引いたものである。塗布回数 1 回当たりの測定箇所は 6 点とし、1 回当たりの塗布量は、 $50\text{ml}/\text{m}^2$ とした。輝度は、マイクロスコープ（撮影倍率を 175 倍）により撮影し、その画像を解析して求めた。この場合の 1 回の塗布量に対する乾燥後膜厚の理論値は $4\mu\text{m}$ （レーザー顕微鏡による観測）である。

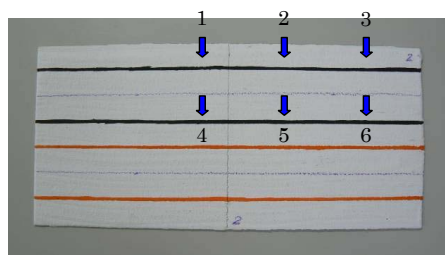


図-2 試験片と画像撮影の位置

2.2 現場実験

基盤として図-3 に示す波型鋼板（ガルバニウム鋼板、 $3000 \times 2000\text{ mm}$ ）を用いた。測定箇所は、白色系の遮熱塗膜表面に黒墨で $5 \times 10\text{ mm}$ 程度を記した。その位置は、鋼板の斜面上部、斜面下部、底面中央部の 3 箇所、波型鋼板内部の谷部両端で計 6 点とした。膜厚測定のための画像の撮影は、マイクロスコープで行った。撮影時期は、UV カット型保護塗膜の塗布前と塗布後約 1 時間とした。

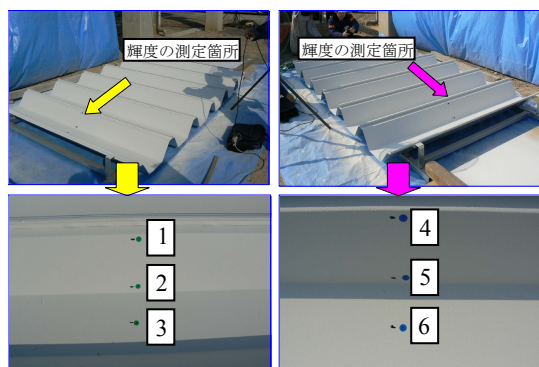


図-3 測定対象物と膜厚の測定箇所

マイクロスコープによる撮影倍率は 100 倍とし、黒墨による黒色部分と、黒墨がない白色部分が 1 画面に収まるように撮影した。画像撮影においては、UV カット型

保護塗膜の塗布前と塗布後の画像上の撮影ポイントを一致させた。

3. 結果と考察

3.1 UV カット型保護塗膜施工前後の輝度差

下層（遮熱塗料）上の絵やラインの黒色部分に上層（UV カット型保護塗膜）を塗布し、マイクロスコープ（倍率：100 倍程度）で透かして見える絵を撮影した画像を解析すると、上層（UV カット型保護塗膜）の膜厚の程度に応じて黒色部分の黒色の程度（輝度）が異なる。

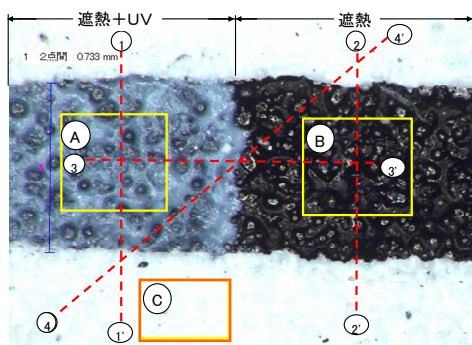
図-4 に、基礎実験における、下層上の黒色の絵の左半分に UV カット型保護塗膜を塗布した画像の解析例を示す。図 a に解析位置を示す。図 c~e は、それぞれ、図 a 上の A（黒色上に UV カット型保護塗膜を塗布した部分）、B（黒色部分）、C（遮熱塗料上で UV カット型保護塗膜を塗布した白色部分）の輝度を示す。それぞれの輝度の平均値は、A は $129\text{cd}/\text{m}^2$ 、B は $46\text{cd}/\text{m}^2$ 、C は $251\text{cd}/\text{m}^2$ となった。輝度の分布では、A は広い範囲に、B は解析図のほぼ左側半分に、C は解析図の右端に分布が集中した結果だった。C は上限の明るさに対応する輝度を示した。黒印に対応する UV カット型保護塗膜の有無による輝度の差（A と B）は $83\text{cd}/\text{m}^2$ 、UV カット型保護塗膜下の黒印の有無による輝度の差（A と C）は $122\text{cd}/\text{m}^2$ となった。A が B と C の中間のどのあたりに分布するかによって、UV カット型保護塗膜の膜厚を判定できる可能性があることがわかる。図 f~h は、それぞれ、図 a 上の 1-1'、2-2'、3-3' ラインに沿った点の輝度を表している。輝度は、白色部分では 250 付近、黒色部分では 20~60 程度、黒色上に UV カット型保護塗膜を塗布した部分では 50~200 程度の範囲に分布している。

3.2 UV カット型保護塗膜の塗布回数と輝度差

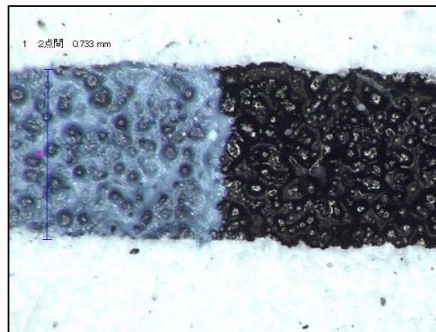
試験片上で、A（黒色上に UV カット型保護塗膜を塗布した部分）と C（遮熱塗料上で UV カット型保護塗膜を塗布した白色部分）における輝度（図-2 に示す 6 ヶ所で計測）と UV カット型保護塗膜の塗布回数（0~3 回）との関係を表-1 に示す。また、表-2 に面積 A の輝度から面積 C の輝度の値を減じた値を「輝度差」として、UV カット型保護塗膜の塗布回数との関係を示す。

表-1 UV カット型保護塗膜の塗布回数と輝度
(単位: cd/m^2)

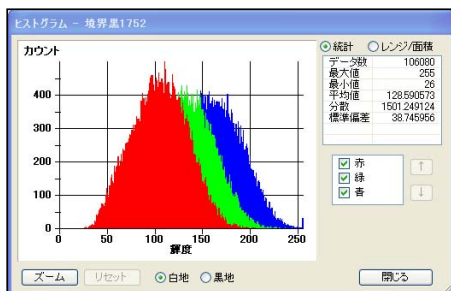
測点	UV 塗布回数(回)							
	面積A内の輝度の平均値				面積C内の輝度の平均値			
	0	1	2	3	0	1	2	3
1	57	132	159	167	254	204	182	183
2	58	133	161	166	254	211	182	185
3	54	136	162	164	254	207	185	178
4	49	134	158	167	250	206	182	178
5	56	134	158	162	254	205	193	186
6	69	146	164	169	257	239	185	181
標準偏差	6.5	5.2	2.6	2.5	2.3	13.4	4.3	3.4
平均値	57	136	160	166	254	212	185	182
1層毎の輝度差	0	79	24	6	0	42	27	3
塗布前との輝度差	0	79	103	109	0	42	69	72



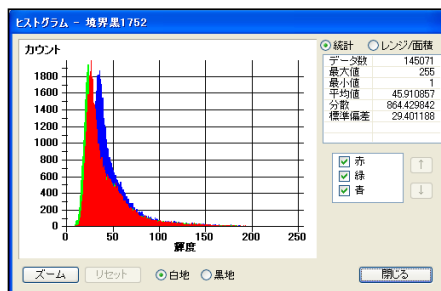
a. 輝度の測定箇所



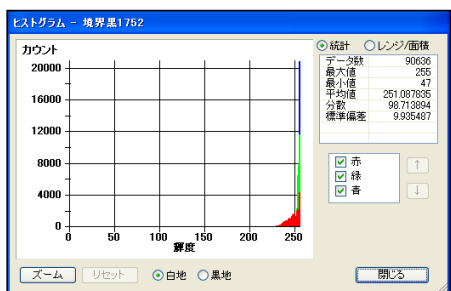
b. 黒色状のUV 塗布箇所(左側)



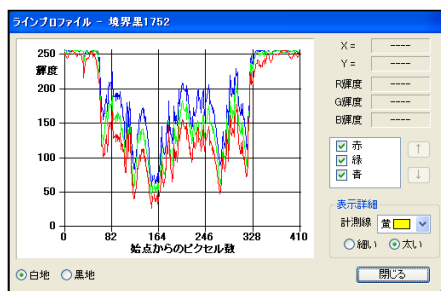
c. 輝度(面積 A)



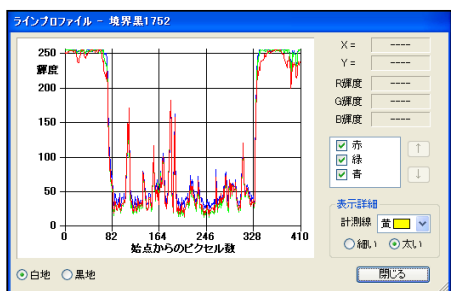
d. 輝度(面積 B)



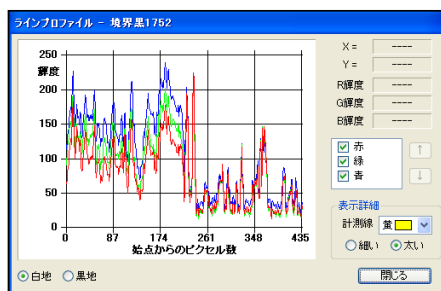
e. 輝度(面積 C)



f. 輝度(直線 1-1')



g. 輝度(直線 2-2')



h. 輝度(直線 3-3')

図-4 輝度解析画像の例

表-2 UV カット型保護塗膜の塗布回数と輝度差

(cd/m²)

UV塗布回数	測 点						平均値	標準偏差	95%信頼区間(1- α , 0.05)
	1	2	3	4	5	6			
0	197	196	200	201	198	188	196.5	4.5	187.7~205.3
1	72	78	71	72	71	93	76.2	8.7	59.2~93.4
2	23	21	23	24	35	21	24.5	5.3	13.8~34.6
3	16	19	14	11	24	12	16.0	4.9	6.40~25.6

塗布回数が0回(未塗布)では輝度差は197であるが、1回塗布すると輝度差は76となり、明確な違いが認められる。輝度差の標準偏差も小さい。したがって、UV カット型保護塗膜の塗布後にA、Cで輝度差を測定すると、塗膜厚を求めることができることが考えられる。

そこで、輝度と膜厚との関係を図-5に示す。黒色部分および白色部分の場合の輝度と、これらの差から求めた輝度差を、図中に輝度として表した。また、この場合の膜厚は、UV カット型保護塗膜の塗布量および塗布回数から求めたもので、塗布回数0、1、2、3回に対応する理論的膜厚は0 μm 、4 μm 、8 μm 、12 μm となる。

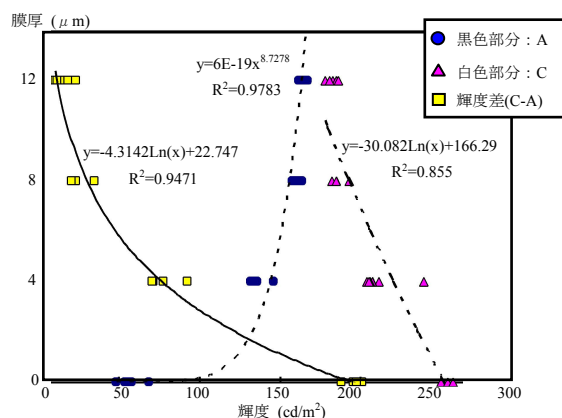


図-5 輝度、輝度差と膜厚との関係

図より、黒色部分および白色部分の場合の輝度ならびに輝度差と膜厚との関係は、いずれも高い相関性があることが分かった。それぞれの回帰式に対する相関係数(R^2)は、黒色部分の場合では0.9783、白色部分の場合では0.855、輝度差の場合では0.9471となった。輝度に対する膜厚の変化量は、輝度差の方が白色部分や黒色部分の場合よりも小さくなっていることが分かった。それぞれの回帰式における膜厚4 μm のときの輝度を中心値とし、輝度をその中心値から $\pm 10\text{cd/m}^2$ 変化させた場合、回帰式から求めた膜厚の範囲は、黒色部分では2.2~7.4 μm 、白色部分では2.7~5.4 μm 、輝度差では3.5~4.6 μm となった。この膜厚の変化量を、輝度差による場合を基準値(4 μm)として比較すると、黒色部分は4.3倍、白色部分は2.3倍となり、輝度差の方が膜厚の検出精度が高いことが分かった。

以上のことから、輝度差を利用した膜厚測定方法は、黒色部分と白色部分の2つの輝度情報を合算したものとなるため、より高い精度での膜厚測定が可能となる。また、UV カット型保護塗膜を塗布した後の輝度の変化量は、黒色の印をつけることにより白系のものよりも小さくなることから、膜厚の判定が容易になる。特に、膜厚が数 μm 以下の場合では、その効果は大きくなる。

表-3に輝度差法による回帰式から求めた膜厚の一例を示す。表-2に示した塗布1回に対する輝度差を回帰式に代入して膜厚を求め、測定点を図-2試験片上の6点として、1点当りの輝度差の測定回数を1回とした場合のばらつきから、実用面における精度上の検討を行った。回帰式から求めた6点の膜厚の範囲は3.2~4.4 μm 、平均値は4.1 μm 、標準偏差は0.46 μm となった。表中の信頼区間とは、データ数5個の平均値のばらつきから中央値を4.0 μm としたときの95%の信頼区間を求めたものである。95%の信頼区間は3.6~4.4 μm となり、膜厚が0.8 μm 程度異なる母集団の判定も十分可能となることが示された。

表-3 輝度差法から求めた膜厚とばらつき

膜厚	測 点						平均値	標準偏差	信頼区間
	1	2	3	4	5	6			
輝度差(cd/m^2)	72	78	71	72	71	93	76		
推定膜厚(μm)	4.3	4.0	4.4	4.3	4.4	3.2	(4.1)	0.46	3.6~4.4

3.3 撮影場所の違いが輝度に及ぼす影響

本測定方法を現場で適用するにあたって、基礎実験で実施した輝度の測定が、現場においても同等の結果が得られるか検証する必要がある。そこで、基礎実験と同等の試験片を用いて、室内と現場で輝度の測定を行った。

表-4にその結果を示す。

表-4 撮影場所の違いと輝度

塗布回数 (回)	設定膜厚 (μm)	室内撮影			現場撮影		
		黒墨あり	黒墨なし	輝度差	黒墨あり	黒墨なし	差
0	0	66	255	189	67	254	187
1	4	152	222	70			
2	8	164	201	37			
3	12	164	190	26			

黒墨による黒色部分の輝度は、室内撮影の場合では66 cd/m^2 、同じ箇所を現場で撮影した場合では67 cd/m^2 、黒墨のない白色部分の輝度は、室内撮影の場合では255 cd/m^2 、現場撮影の場合では254 cd/m^2 となった。また、輝度差は、室内撮影の場合では189 cd/m^2 、現場撮影の場合では187 cd/m^2 となり、撮影場所の違いによる輝度の差はほとんど認められなかった。これは、マイクロスコープの場合では、人工的な光源が限られた範囲に照射されるため、日射等の外部の影響を殆ど受けず、安定した照度が得られたためと考えられる。

3.4 現場での輝度測定結果

表-5に測定対象物とした波型鋼板の各測定点における、UV カット型保護塗膜を塗布する前後の輝度と輝度差を示す。

表－5 現場での UV カット型保護塗膜施工前後の輝度
(単位:cd/m²)

測定箇所 No	面	UV塗布前			UV塗布後		
		黒墨あり	黒墨なし	差	黒墨あり	黒墨なし	差
1	斜面上	49	211	162	123	241	118
2	斜面上	58	233	175	73	201	128
3	平面	58	244	186	120	243	123
4	斜面上	59	237	178	86	201	115
5	斜面上	83	249	166	130	202	72
6	平面	58	231	173	85	222	137
平均値		61	234	173	103	218	116

前節の試験片における UV カット型保護塗膜を塗布する前の輝度は、黒色部分の輝度は 67cd/m²、白色部分は 254cd/m²、輝度差は 187cd/m²であった。一方、測定対象物とした波型鋼板の場合では、黒色部分は 6 箇所の平均値で 61cd/m²、白色部分は 234cd/m²、輝度差は 173cd/m²となった。黒色部分および白色部分の輝度、輝度差のすべてについて、測定対象物の方が試験片よりも小さくなった。このうち、膜厚算定の基礎となる輝度差の範囲は 162～186cd/m²で、試験片との輝度差の差は、平均値で 14cd/m²となった。

このように輝度が小さくなった原因として、白色部分では、UV カット型保護塗膜を塗布する前の画像撮影を、遮熱塗料を塗布してから約 3 時間経過後に行ったが、この段階では塗料自体が完全な硬化皮膜に至っていないため、塗料自体の明度が下がり、白色部分の輝度を小さくしたと考えられた。一方、黒色部分の輝度低下の原因も白色部分と同様で、黒墨で印をした後に、次の試験工程までの時間を短縮させるために、ドライヤーでの熱風乾燥を行ったものの充分ではなく、水分が残って照射光を吸収して輝度を下げたものと思われる。従って、遮熱塗料および黒墨が十分乾燥してから測定することで、より試験片の輝度に近づけることが可能である。

3.5 膜厚算定式の検討

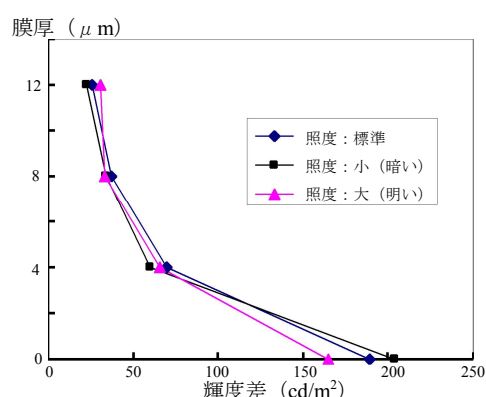
上述までの実験結果を元に、輝度差から膜厚を算定する式の検討を以下に行った。輝度差を用いて膜厚を求める場合、UV カット型保護塗膜を塗布する前後の黒色部分と白色部分の輝度差が重要となる。実験結果からは、室内あるいは現場という撮影場所による差は認められず、現場での測定対象物に UV カット型保護塗膜を塗布する前の輝度が、試験片によるものと異なったものになった。そこで、試験片を用いて、現場実験で得られた輝度差を再現して、膜厚算定式の検討を図った。

表－6 はマイクロスコープの照度を調節して、現場実験で得られた輝度差を再現したものである。試験片によるものを中心として、上下に輝度差の水準を設けた。再現した下限側の輝度は 165cd/m²となり、現場実験値よりも 3cd/m²大きくなったが、ほぼ近似した値となった。

表－6 UV カット型塗膜塗布前の輝度差の範囲と膜厚

照度	膜厚 (μ m)	室内撮影による輝度(cd/m ²)			推定誤差(μ m)	
		黒墨あり	黒墨なし	輝度差	2.0	4.0
標準	0	66	255	189	0.0	0.0
	4	152	222	70		
	8	164	201	37		
	12	164	190	26		
小(暗い)	0	50	254	204	+0.1	+0.3
	4	115	175	60		
	8	126	160	34		
	12	129	152	23		
大(明るい)	0	90	255	165	+0.1	+0.2
	4	187	253	66		
	8	221	254	33		
	12	211	242	31		

図－6 に、この実験による UV カット型保護塗膜を塗布する前の輝度差と膜厚との関係を示す。



図－6 UV 塗布前の輝度差の変化と膜厚の関係

UV カット型保護塗膜を塗布する前の輝度差が 165～204cd/m²の範囲では、膜厚が 4 μ m 付近となると、初期の輝度差の影響を殆ど受けないことが、図から分かる。試験片による輝度差と膜厚との関係式を基準式とし、グラフ上の X 軸の切片のみの補正を行って膜厚を算出し、得られた結果から推定誤差を求めて表－6 に示した。

UV カット型保護塗膜を塗布する前の輝度差が 165 cd/m²の場合の推定誤差は、膜厚が 2 μ m のときは+0.1 μ m、4 μ m のときは+0.2 μ m で、輝度差が 204cd/m²の場合では、2 μ m のときは+0.1 μ m、4 μ m のときは+0.3 μ m となっており、高い精度が得られた。

3.6 現場での膜厚測定結果

表－7 に、マイクロスコープによる各測定箇所における UV カット型保護塗膜の膜厚を示す。表中の基準式による膜厚は、前節による基準式を基にした補正式から算出した値である。また、基礎実験式による膜厚は、図－5 から算出した。基準式の場合の撮影倍率および膜厚に対するデータ数は、それぞれ 100 倍および 1 であり、基礎実験式の場合の撮影倍率および膜厚に対するデータ数は、それぞれ 175 倍および 6 である。

表一 現場での各測定箇所の膜厚計算結果

測定箇所 測点No	面	輝度差		膜厚(μm)	
		UV塗布前	UV塗布後	基準式	基礎実験式
1	斜面上	162	118	1.9	2.2
2	斜面下	175	128	1.8	1.8
3	平面	186	123	2.2	2.0
4	斜面上	178	115	2.3	2.3
5	斜面下	166	72	3.9	4.3
6	平面	173	137	1.4	1.5
平均値		173	116	2.3	2.3

6 箇所の膜厚の範囲は、基準式の場合では $1.4\sim 3.9\mu\text{m}$ 、基礎実験式の場合では $1.5\sim 4.4\mu\text{m}$ となった。平均値は両者共に $2.3\mu\text{m}$ となり、これらの関係式の違いによる差は最大で $0.4\mu\text{m}$ となり、2 つの関係式による推定膜厚の差は小さかった。以上のことから、マイクロスコープによる解析用画像の撮影倍率が $100\sim 175$ 倍の範囲では、膜厚の精度に影響を与えないことが分かった。

測定位置による膜厚の比較を基準式でみると、測点 4～6 側斜面が測点 1～3 側斜面よりも 3 箇所の平均値で $0.5\mu\text{m}$ 大きくなった。測定箇所の上下方向の比較では、測点 1～3 側では殆ど差がなかったが、測点 4～6 側では斜面下（測点 5）が $3.9\mu\text{m}$ 、平面部（測点 6）が $1.4\mu\text{m}$ となり、測定箇所の違いによるばらつきが大きく現れた。塗布作業後の観察では、測点 4～6 側に斜面に沿ってのダレが観察されたが、このことが斜面下（測点 5）の膜厚が大きくなった要因かと思われる。

測点 1 の UV カット型保護塗膜を塗布する前の白色部分の輝度は、 $211\text{cd}/\text{m}^2$ 、塗布後では $241\text{cd}/\text{m}^2$ となり、塗布前後の差は $+30\text{cd}/\text{m}^2$ となった。一方、黒色部分の輝度は、塗布前では $49\text{cd}/\text{m}^2$ 、塗布後では $123\text{cd}/\text{m}^2$ 、その差は $74\text{cd}/\text{m}^2$ となり、UV カット型保護塗膜の塗布による輝度の低下が明確に現れた。白色部分の塗布前後の輝度が反転した原因として、前述したように遮熱塗料自体の未乾燥による影響が考えられる。UV カット型保護塗膜は透明性に優れているものの半透明膜である。輝度法は、このことを利用して塗布前後の輝度の変化から膜厚を求める方法であるが、上記のような現象の一例からも、例えば白色部分のみの単独部分を捉えた輝度変化量による方法では、膜厚の測定は不可能である。

この実験における UV カット型保護塗膜の目標膜厚は $4.0\mu\text{m}$ である。UV カット型保護塗膜の塗装作業時における、塗装機械、塗料の噴霧状態、塗装ガンの角度などの塗装方法による膜厚への影響や、塗装後の外観観察による膜厚の状況と輝度差から求めた膜厚との対応は良く、測定箇所間の膜厚の僅かな差も鋭敏に測定できた。

5. まとめ

この研究においては、白色系の遮熱塗料（膜厚： $300\mu\text{m}$ 程度）の表面に透明度に優れた白色系の UV カット型保

護塗膜（膜厚： $3\sim 5\mu\text{m}$ 程度）を塗布するという想定のもとで、UV カット型保護塗膜の膜厚について、その測定方法を提案することを目的として実施した。

透明度に優れた塗膜は、素地の情報が透けて見えるという利点があるが、施工時においては、視覚的な確認が難しいため、一般に塗りむらや塗り残しが生じやすい。透明度に優れた塗膜の膜厚の管理では、従来、単位面積当りの塗布量が用いられる程度であり、膜厚の測定方法は十分には確立していなかった。

この研究において提案した膜厚の測定方法は、1.透明度に優れるという UV カット型保護塗膜の性質を活用する、2.下層面に黒色等の絵を描く、3.マイクロスコープを用いて観察するという点に特徴がある。本研究における主な成果は次のとおりである。

- 1) 白系の遮熱塗料の表面に黒色の目印をつけ、UV カット型保護塗膜を塗布する前後で、マイクロスコープ（倍率： $100\sim 175$ 倍程度）で撮影した画像を解析し、UV カット型保護塗膜の膜厚の程度に応じて黒色部分の黒色の程度（輝度）が異なることを利用した膜厚測定方法を提案した。この膜厚測定方法は、 $3\sim 5\mu\text{m}$ を目標とする UV カット型保護塗膜の膜厚測定に適しており、 $0.1\mu\text{m}$ 単位の膜厚の測定が精度よく可能であることを明らかにした。
- 2) 輝度差を用いた膜厚測定方法の現場実験では、6 箇所の測定箇所における膜厚の範囲は $1.4\sim 3.9\mu\text{m}$ 、平均値は $2.3\mu\text{m}$ となった。塗布作業時の塗装ガンの角度や塗布方法によって生じた、測定箇所間の膜厚のわずかな差も鋭敏に測定できることを確認した。

以上のことから、透明度に優れた超薄膜塗膜の塗膜厚の現場管理手法として、例えば 10m^2 に 1 箇所等黒墨で予め印をつけておき、塗膜施工後に輝度差を測ることで塗膜厚を測定できる。本手法は抜き取り検査ではないものの、本手法によるサンプリングと塗料の空缶管理により、適切な量、膜厚にて施工されていることを確認できると期待される。ただし、コンクリートの表面保護工は必ずしも白色とは限らないため、他の色にも適用可能であるか、今後検討を要する。

なお、透明度に優れた塗膜としては、この研究で対象とした UV カット型保護塗膜だけでなく、撥水剤やクリアートップコート等があり、今回提案した膜厚の管理、測定方法をこれらの塗膜へ適用することも可能である。

参考文献

- 1) 長谷川昌明，関雅樹，藤嶋昭，志知哲也，沼田貴史：UV カット型表面保護工の開発，土木学会第 62 回年次学術講演会，No.5-263，pp.525-526，2007.9
- 2) 表面保護工法 設計施工指針（案），土木学会コンクリートライブラリー119，pp.1-23，2005.4