

ISSN 0386-5878

土木研究所資料

整理番号第4387号

透明な表面被覆材を施したコンクリート表面の 視認性評価方法に関する研究

－コンクリート表面の視認性に関する表面被覆材の評価方法（案）－

平成31年3月

国立研究開発法人土木研究所
先端材料資源研究センター材料資源研究グループ

Copyright © (2019) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、国立研究開発法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、国立研究開発法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

透明な表面被覆材を施したコンクリート表面の 視認性評価方法に関する研究

－コンクリート表面の視認性に関する表面被覆材の評価方法（案）－

先端材料資源研究センター

材料資源研究グループ

上席研究員 西崎 到

主任研究員 佐々木 巖

要旨：

コンクリート表面に生じるひび割れ等の変状を、表面被覆材による補修後にも目視で確認できることは、維持管理の効率化につながる。目視点検時の視認性保持を目的とした透明な表面被覆材の普及が進んでいるものの、その評価方法がないことから、変状視認性のメカニズムの検討と、機器測定による客観的指標値に基づいた評価のための試験調査を行った。その調査結果と、これをもとに策定した評価方法(案)をとりまとめたものである。

キーワード： コンクリート、補修材料、表面被覆材、透明、暗色化、視認性、評価方法

目 次

1. はじめに	1
2. 検討方法	2
2.1 コンクリート用透明表面被覆材の視認性の指標	2
2.2 濡れによる暗色化評価方法	4
2.3 塗膜の隠ぺい率測定方法	4
2.4 視認性の評価方法	5
3. 検討の結果と考察	8
3.1 試験結果	8
3.2 結果の整理	11
3.3 試験方法策定に向けた良好な視認性の基準値の検討	12
4. まとめと今後の課題	13
5. データ集	14
付属資料 コンクリート表面の視認性に関する表面被覆材の評価方法(案)	付 1

1. はじめに

コンクリート表面塗装に用いられている塗装材料は、表面被覆材と呼ばれ、コンクリート表面に塗膜を形成することで、塩化物イオン、水、水蒸気、酸素などの劣化因子のコンクリート内部への侵入を抑制するものである。表面被覆材は、他の工法に比べて比較的容易に施工可能であることから、特に沿岸部のコンクリート構造物で塩害を受けはじめた場合の補修方法として広く用いられてきた。表面被覆材はその目的から、遮塩性、遮水性、遮湿性、酸素イオン遮蔽性などが、塗膜に要求される性能として重視されており、これらに対する優れた遮蔽性能を有することが最大の特徴である。

従来の表面被覆材は、顔料を含む有色塗料（エナメル）である。このため、表面被覆材で補修した場合にはコンクリート表面の状態が直接目視できなくなるが、この点が、表面被覆材による補修効果が十分に効果を発揮せず再劣化してしまう場合に、劣化の検知が遅れる可能性がある点として危惧されていた。

近年、表面被覆材としての遮蔽性を十分に保持しながら、コンクリート表面のひび割れなどの変状を目視することのできる、新しい表面被覆材が開発・普及しつつある状況となった。

一方で、コンクリート表面を被覆する材料が、どの程度コンクリート表面を目視できるか（視認性）を定量的に評価する方法については、確立されていなかった。コンクリート表面に被覆材料を施工すると、表面が濡れて暗く見え、視認性が低下することもあることから、塗膜のみの評価方法ではなく、コンクリートに施工した際の視認性評価方法としての検討が必要である。

このような状況から、土木研究所においては、透明な表面被覆材を施したコンクリートの表面の視認性を評価する方法を検討するとともに、評価方法（案）としてとりまとめた。

2. 検討方法

2. 1 コンクリート用透明表面被覆材の視認性の指標

2. 1. 1 コンクリート面の暗色化

コンクリート表面に塗料を塗布する場合、コンクリート内部に塗料の一部が含浸し、濡れ色（元の表面の色より暗い色）を呈する場合がある。図-1は、コンクリート表面に2種類の透明塗料を塗布した事例であるが、左側の透明塗料が濡れ色を呈している（以下、暗色化と記す）のに対して、右側の塗料はほとんど暗色化が発生していない。



図-1 コンクリート表面への透明塗料の塗装に伴う暗色化の事例（左）
および 同一面への塗布でもほとんど暗色化を呈さない事例（右）

（1）物質表面での光学現象

粒子や繊維、多孔質材料等の表面では、光の波長よりもその構造単位が大きいと、入射光はその粒子や細孔の構造内にもぐり込み散乱し、素材表面で反射や屈折して再帰し出てくる¹⁾。これは周波数によって異なることはないため、人の目には白色なものとして見える。たとえば、透明な物質である水が水蒸気（湯気）になり空中に分散すると白色に見えたり、透明な食塩や樹脂が粉体や繊維状になると白色を呈するのは、このような現象から説明される。

ここで、粒子や細孔表面の相対屈折率を低下させると、反射光が弱くなり系外に戻る光量が低下し表面全体としての白色度が低下する¹⁾。例として、紙（屈折率=1.5程度）や布を水でぬらすと、細孔内が空気（屈折率=1.00）から間隙水（屈折率=1.33）に置換され、素材表面での相対屈折率が大きく変化し細孔内部にもぐり込む光が多くなり減衰等して灰色が増し、結果として暗色化する。素材が色彩、つまり波長吸収を持つ場合には、濡れることによりその特定波長の吸収が強くなり、色彩が際立つことにもなる。

（2）コンクリート表面の光学作用

コンクリート表面では光が乱反射しており、構成素材の波長吸収もあまりないため、白色に近く見えていることが多い。しかし、細孔に水や樹脂が入り込み表面が濡れると、表面での屈折率の比の程度により光の乱反射が少なくなり、再帰する光量が低下することで暗色化が起こるとされる。その程度は、コンクリート（セメント石膏や鉱物質の屈折率は紙セルロース同様に概ね1.5~1.6と高い値である）と水や樹脂等の含浸媒質との

相対屈折率の値により大きく支配されるほか、多孔質材料内部への光のもぐり込みや樹脂含浸の深さ、コンクリートに含まれる有色の鉱物や夾雑物の量にも左右される。つまり、表面被覆材の材料、とくにコンクリート面に直接触れ一部が浸透するプライマーの物性が主因となり、コンクリート表面の暗色化の程度に相違が生じると考えられる。

(3) 目視点検における暗色化指標

ひび割れを目視する場合、ひびわれはコンクリート表面の健全な一般部に比べると、黒い線状、つまり暗色に見える。塗料の含浸に伴い表面色が全体に暗色化することは、近接目視点検などにおいてひび割れなどの変状の視認性を低下させることとなり、できるだけ暗色化の生じない被覆材料であることが望ましい。

上記から、コンクリートに施工した時に、暗色化が起こりにくい表面被覆材の方が、視認性が高い（ひび割れ等の変状を目視で確認しやすい）と考えられる。このため、表面被覆材をコンクリート表面に施工した後の暗色化度合いを、評価指標として定量的に評価する方法を検討した。

2. 1. 2 被覆塗膜の透明性

もう一つの塗膜の視認性評価の指標としては、塗膜自体がどの程度透明であるか、が考えられる。コンクリート表面に積層される被覆層が全体として透明であるほうが良いことは言うまでもなく、透明度が高い塗料ほど、被塗布体の表面状況の確認に有利と想定される。

2. 1. 3 視認性評価方法の検討

前述の2項目（濡れによる暗色化と塗膜の透明性）はいずれも塗膜の物理化学性状を測定装置によって客観的・定量的に測定可能である。そこでこれらの評価指標の定量的な評価方法を検討した。

評価方法として、これらの機器測定による定量的評価指標が、実構造物のコンクリート表面に発生した変状の視認性とどの程度の相関を有するか、客観指標と主観指標の関連性を確認しておく必要がある。このため、実際の条件に近い供試体などを用いて、目視で判断しやすい機器評価指標値の範囲を調査することとした。実用的な視認性を持つ範囲と、透明表面被覆材の暗色化の起こりにくさや透明度の指標との関係性が、この様な試験結果との比較検討から明らかとなり、客観指標に基づく評価法の知見を得ることが期待できる。

1) Eugene Hecht : ヘクト 光学 I 基礎と幾何光学, 原著 5 版, 丸善出版, p243, 2018.

2. 2 濡れによる暗色化評価方法

コンクリート表面への被覆塗装に伴う暗色化は色の変化として測定可能であることから、塗装前後のコンクリート表面について測定機器による測色を行い、明るさの指標の差を求めることとした。測色は JIS K 5600-4-5 に規定される三刺激値色彩計（コニカミノルタ製 CR-400）を用いて実施し、JIS K 5600-4-6 に基づいて明度差 ΔL^* を求めた。

$$\Delta L^* = L^*_a - L^*_b$$

ここに

L^*_a : 塗装後のコンクリート（モルタル）表面の明度

L^*_b : 塗装前（無塗装）のコンクリート（モルタル）表面の明度

透明塗料をコンクリート（モルタル）表面に塗装することによって、ほとんどの場合、暗色化することから明度は低下するため、 ΔL^* は通常は負の値となる。このため以下においては、 $-\Delta L^*$ を暗色化度合いと表記する。

2. 3 塗膜の透明度測定方法

塗膜の透明度の定量的評価方法としては、塗膜の隠ぺい率の試験方法を用いた。塗膜の隠ぺい率が低いほど、透明度合いが高いと考えることができる。JIS K 5600-4-1 には淡彩色塗料用の隠ぺい力測定方法があり、2 種類の方法が掲載されているが、比較的簡易な方法 B（隠ぺい率試験紙法）により、供試体作製に使用した透明塗膜の隠ぺい率を求めることとした。

2. 4 視認性の評価方法

2. 4. 1 供試体の作製

70×150mm のモルタル試験板（厚さ 10mm）を 42 枚用意し、その表面中央にダイヤモンドカッタ（刃厚：0.2mm）を用いて 1 本のキズ（深さおよそ 1mm）を付けた。

塗装後のモルタル基材の暗色化度合い（ $-\Delta L^*$ ）が異なる 7 種類のプライマー（表-1）と、その上に塗膜厚を変えることにより作成した隠ぺい率の異なる 6 種類の塗膜（表-2）を適宜組み合わせ、暗色化度合い（ $-\Delta L^*$ ）と塗膜の隠ぺい率がそれぞれに異なる 42 枚の供試体を作製した。

表-1 には、使用した 7 種類のプライマーと、それぞれをモルタル試験板に塗布した際の、濡れによる暗色化度合いの測定結果を示す。また表-2 には、供試体作製に使用した材料や膜厚が異なる 6 種類の透明塗膜の隠ぺい率の測定結果を示す。

表-1 供試体作製に使用したプライマー

プライマー種	概 要	$-\Delta L^*$
A	エポキシシーラー	12.9
B	弱溶剤形エポキシシーラー	9.6
C	水性ウレタンプライマー	6.4
D	B の 50% 希釈品	5.4
E	ラッカー系アクリルプライマー	3.9
F	水性カチオン系シーラー	1.2
G	水性シーラー	-1.5

（値は 6 点測定後の平均値）

表-2 供試体作製に使用した透明塗膜の隠ぺい率

塗膜番号	隠ぺい率 (%)
I	6.0
II	12.6
III	14.3
IV	18.3
V	20.0
VI	21.1

42 枚の塗装供試体については、製作後、無塗装のモルタル基材に対する明度差を、2.2 に示した方法で測定した。また、無塗装のモルタル基材には、供試体作製に使用したものと同一ロットのモルタル基材のもの 54 枚を使用した。

2. 4. 2 目視による視認性評価

前項で作製した塗装モルタル供試体 42 枚を 1 枚の合板上に並べ、数十人規模の試験者の目視によって、塗膜下のひび割れの見え方を評価する試験を実施した。試験者はコンクリート構造物の専門家から、建設材料に関する経験があまりない者までを含めた、様々な試験者とした。図-2 に評価試験の状況を示す。また、図-3 および 4 に塗装モルタル供試体の状況を示す。

ひび割れの見え方の評価は、①よく見える、②見える、③何とか見える、④見えない、の 4 段階とし、試験者の主観的判断によって評価を行うこととした。

結果の整理は以下の様に点数化し、供試体ごとの平均値を求めた。

- ①よく見える : 4 点
- ②見える : 3 点
- ③何とか見える : 2 点
- ④見えない : 1 点



図-2 視認性評価試験の状況

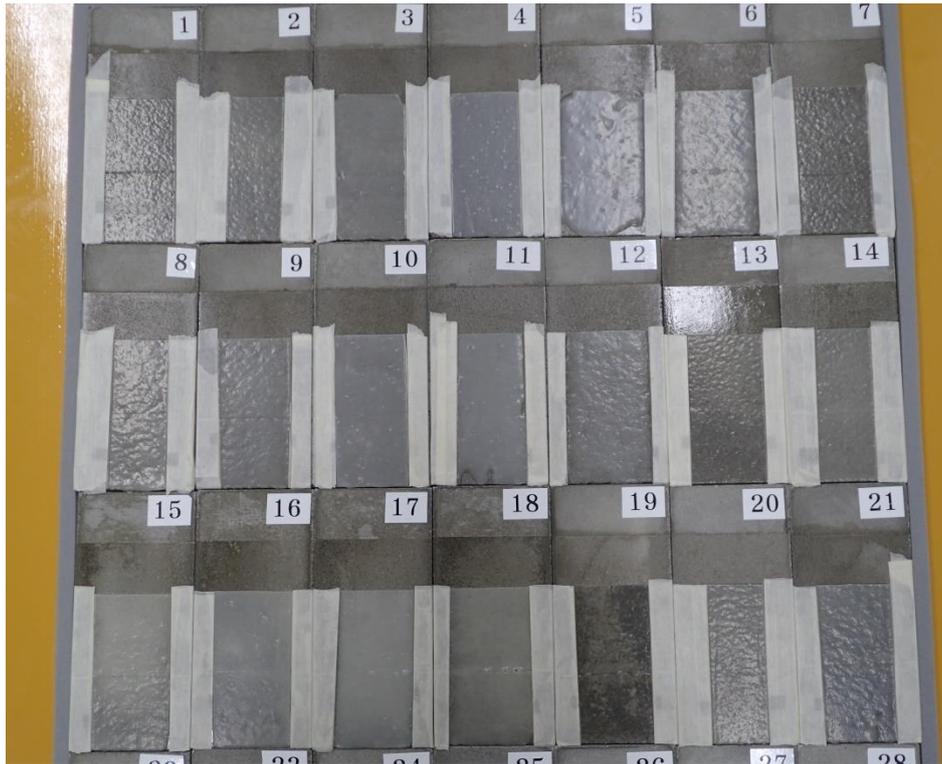


図-3 視認性評価のための供試体（供試体番号 1～21）

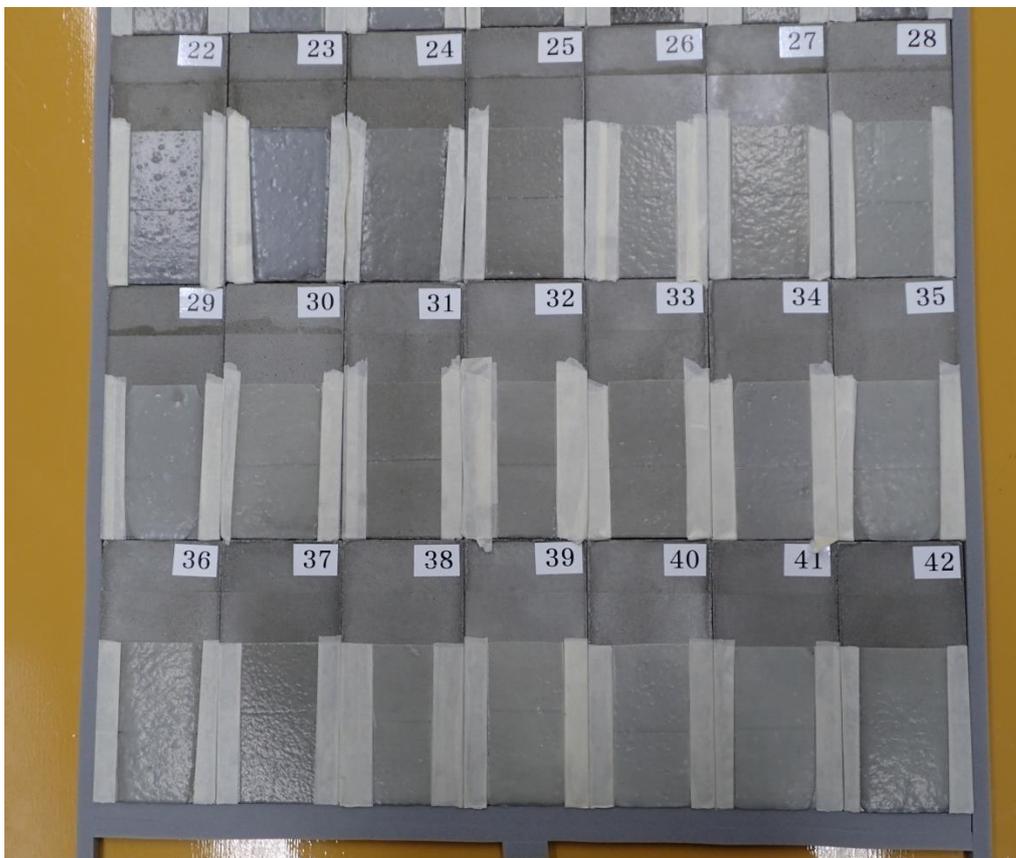


図-4 視認性評価のための供試体（供試体番号 22～42）

3. 試験の結果と考察

3. 1 試験結果

表-3 に 42 種類の視認性評価試験用供試体の暗色化度合いの測定結果および目視による視認性評価結果を示す。また、表-4 に目視による視認性評価結果の詳細を示す。試験者は合計で 28 名であった。試験者の属性として、専門家（6 名）、技術者（8 名）、一般（14 名）について評価の傾向を調べたが、属性による明確な相違は特に認められなかった。

表-3 供試体作製の暗色化度合いと視認性評価結果

供試体 番号	プライマー	透明塗膜 (隠ぺい率 %)	暗色化 度合い ($-\Delta L^*$)	視認性評 価結果 (平均点)
1	エポキシシーラー	I (6.5)	15.7	3.6
2	エポキシシーラー	II (12.6)	7.6	1.8
3	エポキシシーラー	III (14.3)	5.5	2.6
4	エポキシシーラー	IV (18.3)	3.2	2.1
5	エポキシシーラー	V (20.0)	3.5	1.8
6	エポキシシーラー	VI (21.1)	9.3	2.6
7	弱溶剤形エポキシシーラー	I (6.5)	10.5	3.1
8	弱溶剤形エポキシシーラー	II (12.6)	7.6	2.2
9	弱溶剤形エポキシシーラー	III (14.3)	4.1	2.0
10	弱溶剤形エポキシシーラー	IV (18.3)	7.0	1.8
11	弱溶剤形エポキシシーラー	V (20.0)	4.2	2.0
12	弱溶剤形エポキシシーラー	VI (21.1)	8.6	1.1
13	水性ウレタンプライマー	I (6.5)	2.0	2.9
14	水性ウレタンプライマー	II (12.6)	5.6	1.7
15	水性ウレタンプライマー	III (14.3)	-0.8	2.7
16	水性ウレタンプライマー	IV (18.3)	-1.0	2.0
17	水性ウレタンプライマー	V (20.0)	-6.1	1.8
18	水性ウレタンプライマー	VI (21.1)	-2.6	1.9
19	弱溶剤形エポキシシーラーの 50%希釈品	I (6.5)	17.9	3.0
20	弱溶剤形エポキシシーラーの 50%希釈品	II (12.6)	9.1	2.3
21	弱溶剤形エポキシシーラーの 50%希釈品	III (14.3)	7.0	1.8
22	弱溶剤形エポキシシーラーの 50%希釈品	IV (18.3)	7.3	1.6
23	弱溶剤形エポキシシーラーの 50%希釈品	V (20.0)	2.2	1.3
24	弱溶剤形エポキシシーラーの 50%希釈品	VI (21.1)	6.7	2.1

25	ラッカー系アクリルプライマー	I (6.5)	1.9	3.9
26	ラッカー系アクリルプライマー	II (12.6)	3.1	3.3
27	ラッカー系アクリルプライマー	III (14.3)	6.7	3.1
28	ラッカー系アクリルプライマー	IV (18.3)	-2.0	3.4
29	ラッカー系アクリルプライマー	V (20.0)	-1.8	1.7
30	ラッカー系アクリルプライマー	VI (21.1)	-0.2	3.2
31	水性カチオン系シーラー	I (6.5)	3.6	3.9
32	水性カチオン系シーラー	II (12.6)	1.9	3.5
33	水性カチオン系シーラー	III (14.3)	5.3	2.8
34	水性カチオン系シーラー	IV (18.3)	0.4	2.0
35	水性カチオン系シーラー	V (20.0)	-1.1	2.4
36	水性カチオン系シーラー	VI (21.1)	3.2	2.0
37	水性シーラー	I (6.5)	0.4	3.4
38	水性シーラー	II (12.6)	-1.7	2.9
39	水性シーラー	III (14.3)	-2.1	2.8
40	水性シーラー	IV (18.3)	-0.6	2.8
41	水性シーラー	V (20.0)	-6.4	2.8
42	水性シーラー	VI (21.1)	-3.3	1.4

注：目視による視認性評価は、

①よく見える：4点、②見える：3点、③何とか見える：2点、④見えない：1点とし、
表中の値は28名の評価結果の平均値とした。

無塗装モルタル基材（54枚）の明度 L^*_b は以下のとおりであった。

平均値：58.39

最大値：60.30

最小値：55.90

標準偏差：0.99

表-4 目視による視認性評価結果

試験片番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42									
評価平均	3.6	1.8	2.6	2.1	1.8	2.6	3.1	2.2	2.0	1.8	2.0	1.1	2.9	1.7	2.7	2.0	1.8	1.9	3.0	2.3	1.8	1.6	1.3	2.1	3.9	3.3	3.1	3.4	1.7	3.2	3.9	3.5	2.8	2.0	2.4	2.0	3.4	2.9	2.8	2.8	2.8	1.4									
σ	0.79	0.84	0.83	0.80	0.69	0.83	0.82	0.86	0.83	0.88	0.26	0.88	0.76	0.85	0.76	0.85	0.88	0.79	0.90	0.77	0.90	0.90	0.74	0.82	0.80	0.31	0.76	0.74	0.69	0.72	0.77	0.26	0.64	0.72	0.82	0.88	0.92	0.83	0.74	0.83	0.75	0.86	0.63								
2-専門家	3.2	1.3	2.2	2.0	1.5	2.5	3.2	2.5	2.0	1.8	1.8	1.0	3.0	1.8	2.7	1.7	1.5	1.7	3.0	2.5	1.5	1.5	1.0	1.8	4.0	3.3	3.0	3.3	1.5	3.0	4.0	3.5	2.8	1.7	2.2	1.8	3.5	2.8	2.8	2.7	2.5	1.2									
1-技術者	3.6	1.6	2.4	2.1	1.8	2.6	3.0	2.0	1.8	1.5	1.8	1.0	3.0	1.6	2.8	1.6	1.8	1.9	2.8	1.9	1.4	1.4	1.1	2.0	4.0	3.0	3.6	1.5	3.4	4.0	3.5	2.8	1.8	2.3	1.5	3.4	3.0	2.9	2.8	3.0	1.4										
0-一般	3.7	2.1	2.9	2.1	1.9	2.6	3.1	2.1	2.1	1.9	2.1	1.1	2.9	1.7	2.7	2.3	1.9	2.1	3.1	2.5	2.2	1.7	1.4	2.4	3.8	3.4	3.1	3.3	1.9	3.1	3.9	3.4	2.9	2.3	2.6	2.3	3.3	2.9	2.7	2.8	2.9	1.6									
被験者番号: 属性	1	0	4	2	3	2	2	2	2	2	2	3	1	2	1	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	1	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	1	1						
	2	0	4	2	3	2	2	3	3	2	1	3	1	4	2	3	2	2	3	2	1	2	1	2	4	4	4	3	3	2	3	4	4	2	1	2	2	4	3	3	3	3	3	1	1						
	3	0	4	3	3	3	2	3	3	2	2	4	2	4	2	3	4	3	2	2	1	3	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2					
	4	0	4	2	2	1	2	3	2	1	1	1	1	1	2	1	1	3	2	1	1	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	1	1				
	5	1	4	3	2	2	1	3	2	2	1	1	3	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	3	3	1	3	4	3	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1			
	6	0	3	2	2	1	2	3	3	2	2	2	3	2	2	2	3	2	2	1	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
	7	1	4	3	3	2	2	3	3	2	2	1	3	2	3	2	2	1	1	2	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2			
	8	0	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1			
	9	0	4	4	4	3	3	4	4	3	3	3	4	3	3	4	3	3	4	4	4	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2			
	10	0	4	1	1	1	3	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	3	2	2	3	2	2	3	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
	11	0	4	2	3	2	1	2	4	1	1	1	4	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	4	3	3	2	1	1	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
	12	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	3	4	1	3	4	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
	13	2	3	1	2	2	1	2	3	3	2	2	1	3	1	3	2	1	1	3	3	2	2	1	2	4	3	3	3	1	3	4	3	3	1	2	1	4	3	3	1	2	1	4	3	2	2	1			
	14	2	3	2	2	1	1	2	4	2	2	1	1	3	1	2	1	1	1	3	2	1	1	1	4	3	2	3	1	3	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1		
	15	2	4	2	3	2	3	4	3	3	2	2	1	4	2	3	2	2	2	3	3	1	2	1	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	1		
	16	2	4	1	3	2	3	4	3	2	3	3	1	3	3	2	2	3	4	3	3	2	1	2	4	3	3	3	2	3	4	3	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	3	3	3	2	2			
	17	2	4	1	3	3	2	3	4	3	2	3	3	1	3	3	2	2	3	4	3	3	2	1	2	4	3	3	3	2	3	4	3	3	2	3	2	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	1			
	18	1	4	1	2	2	2	3	4	3	2	2	1	4	2	3	2	2	4	3	2	1	1	3	4	3	3	3	2	3	4	3	3	2	3	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1			
	19	1	4	1	3	3	3	4	1	3	2	3	1	3	2	2	2	2	3	2	2	3	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2		
	20	1	4	2	3	3	2	3	3	3	2	2	1	4	2	3	2	2	3	3	2	2	1	2	4	3	3	3	2	3	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	3	3	2			
	21	1	3	1	2	2	1	2	3	2	1	2	1	3	1	2	1	1	1	2	2	1	1	2	4	2	2	4	2	4	3	2	2	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	
	22	1	2	1	2	1	1	2	2	2	1	1	2	1	3	2	3	3	1	1	1	1	1	2	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	1	
	23	1	4	1	2	2	2	3	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	
	24	0	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3		
	25	0	4	2	3	3	2	3	3	2	3	3	1	2	1	3	2	1	2	3	2	2	2	3	4	3	3	3	2	3	4	3	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	1	
	26	0	3	2	4	1	2	3	3	2	2	1	4	2	4	2	4	2	2	3	3	1	1	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2
	27	0	4	1	2	1	1	2	4	2	1	1	3	1	1	3	3	3	3	3	3	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	
	28	0	4	2	4	3	3	3	3	3	3	3	1	3	2	4	3	2	3	4	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	

評価 ◎(よく見える):4、○(見える):3、△(なんとか見える):2、×(見えない):1
 属性 専門家: コンクリートhand/or塗装の調査経験を10年以上有する者
 技術者: 建設材料に関する研究調査経験を有する者
 一般: 事務職や試験員等、上記以外の者

3. 2 結果の整理

図-5 に、42 枚の供試体の暗色化度合いの結果と塗膜の隠ぺい率をマトリックス状に示したプロットに、目視による視認性評価結果（平均値）を重ねた結果を示す。塗膜の暗色化度合い（ $-\Delta L^*$ ）の値は、値が大きいほど暗色化の程度が大きいことを示している。

図-5 から、塗膜の隠ぺい率が大きい領域（図の右側）で、視認性が低い傾向が認められた。

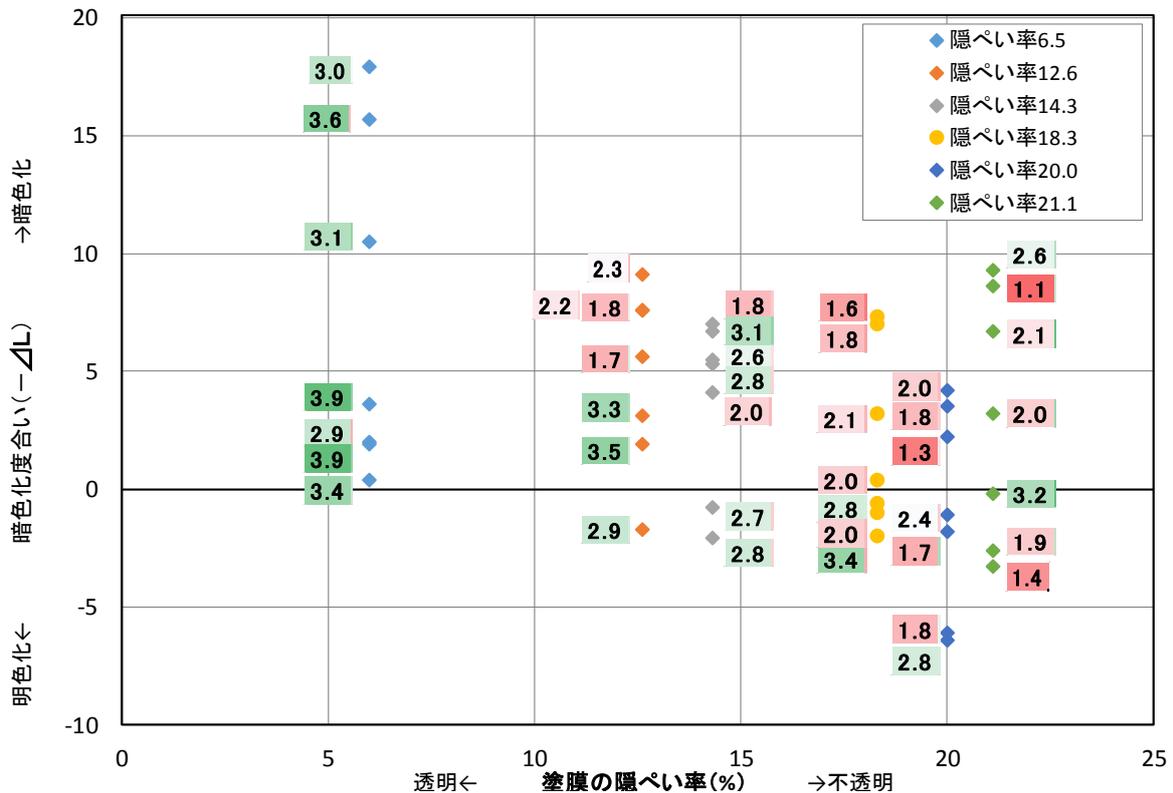


図-5 暗色化評価結果と隠ぺい率と視認性評価結果の関係

3. 3 試験方法策定に向けた良好な視認性の基準値の検討

本研究で採用した方法による場合の、暗色化度合いと塗膜の隠ぺい率による、視認性が良好であると期待できる基準値を検討することとした。

隠ぺい率が 18.3%より大きい場合では、暗色化度合い ($-\Delta L^*$) の値が小さくても視認性評価は低い場合があることから、塗膜の隠ぺい率の上限として 15%を設定するのが良いと思われた。

塗膜の隠ぺい率が低い場合は、暗色化度合い ($-\Delta L^*$) が 20 程度でも視認性が良好である。隠ぺい率が中程度の場合には、塗膜による暗色化度合いが小さい方が、視認性が良い傾向を認めることができる。

これらの結果から、目視評価による視認性評価の平均値が 3 以上を大多数の人にひび割れが見えると判断できる範囲と設定すると、図-5 の中で良好な視認性を有する範囲は、図-6 の規準値(案)の左下の領域に収まる暗色化度合いと塗膜の隠ぺい率の範囲に整理することができると考えられる。

また、本研究で使用したモルタル基板の無塗装の場合の明度は、55.9~60.3 の範囲であり、平均値は 58.4 であった。モルタル基板の明度は試験に大きな影響を及ぼすことから、試験方法としては、これと同程度の明度のものとして、55~65 の基板を用いるのが良いと考えられる。特に、モルタル基板の L^* 値が小さい (暗色) 場合には、塗膜による暗色化が小さい材料や、隠ぺい率が小さい (透明性が高い) 材料であっても、生じたひび割れの視認性の確保が困難になる可能性が高いので、注意が必要である。

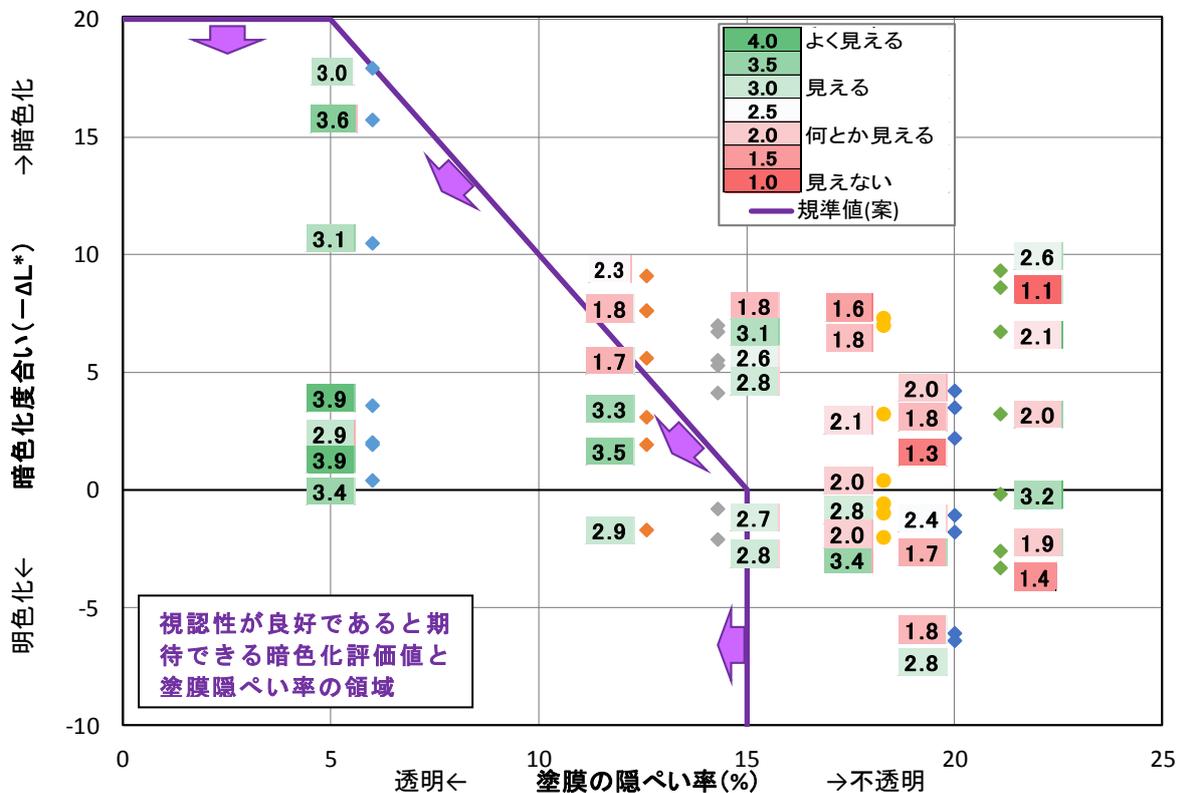


図-6 視認性が良好であると期待できる暗色化度合いと隠ぺい率の範囲

4. まとめと今後の課題

コンクリート用透明表面被覆材の、塗布後のコンクリート表面の状況の視認性を、客観的な計測方法で評価する方法として、塗装による暗色化度合いと塗膜の透明度により評価する方法を検討した。塗装による暗色化度合いについては、既存の試験方法である塗装前後の明度差測定、塗膜の透明度については、同じく既存方法の塗膜の隠ぺい率試験によって評価可能であり、これらの組み合わせにより、目視による透明塗膜下のモルタルひび割れの見やすさと一定の関係を有することを明らかとすることができた。またこの結果を元に、付属資料としてコンクリート表面の視認性に関する表面被覆材の評価方法（案）として提案するものである。

付属資料で提案する評価方法（案）では、試験に用いたモルタルの種類が限られていることから、無塗布時の明度が本研究で実施した範囲から大きく異なる場合には、特に提案した判定図が適用できない場合があると思われる。はく落防止工など、繊維が塗膜中に配置された被覆材については、本研究では検討対象とするには至らなかった。

本研究では得られなかった暗色化度合いと隠ぺい率の組み合わせの塗膜の範囲の視認性については、今後の課題である。また、透明表面被覆材については、その視認性の長期変性についてはデータがそろっておらず、この点についても今後の研究が待たれる状況である。

今後、上記を始めとする課題について、さらなる検討を進めて、付属資料の評価方法（案）の改良を図りたい。

5. データ集

5. 1 7種類のプライマーの明度差の測定データ

プライマー種	ΔL^* (6点平均)	ΔL^* ($L^*_{a} - L^*_{b}$)	L^*_{a}	L^*_{b}
A	-12.9	-13.25	44.28	57.53
		-15.51	42.87	58.38
		-13.16	43.42	56.58
		-8.94	46.08	55.02
		-11.83	43.78	55.61
		-14.80	42.28	57.08
B	-9.6	-8.20	44.79	52.99
		-7.51	45.78	53.29
		-10.77	43.29	54.05
		-10.17	45.43	55.60
		-11.57	47.71	59.28
		-9.57	45.49	55.06
C	-6.4	-5.67	47.40	53.06
		-3.56	44.71	48.27
		-8.01	50.07	58.07
		-7.21	47.07	54.28
		-2.41	49.55	51.96
		-11.81	44.90	56.70
D	-5.4	-7.84	48.65	56.49
		-5.06	53.29	58.36
		-6.27	46.37	52.65
		-2.73	54.99	57.72
		-4.93	50.36	55.30
		-5.65	51.11	56.76
E	-3.9	-1.67	57.76	59.43
		-3.83	51.55	55.39
		-4.52	54.65	59.17
		-5.09	54.35	59.44
		-3.23	50.79	54.02
		-4.80	54.52	59.33
F	-1.2	-3.97	53.74	57.71
		-0.74	53.96	54.71
		2.65	58.28	55.64
		-1.22	53.89	55.11
		-1.80	56.67	58.47
		-2.01	56.52	58.53
G	1.5	1.38	53.20	51.82
		1.66	54.02	52.36
		1.76	59.91	58.15
		0.75	58.51	57.76
		1.94	56.09	54.15
		1.20	57.45	56.25

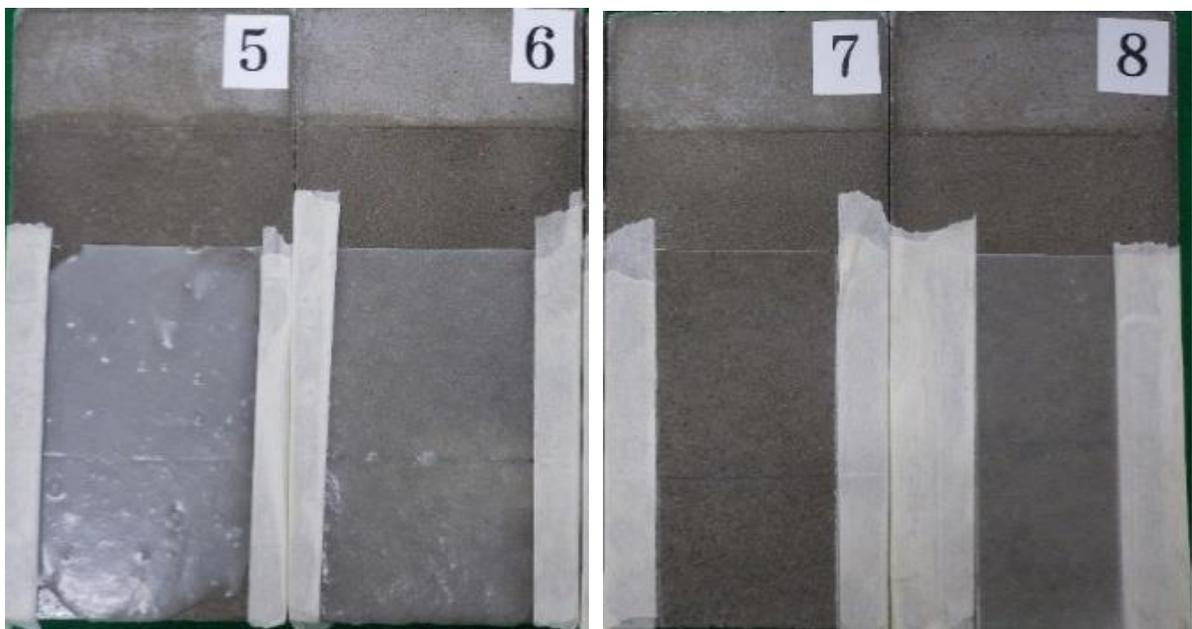
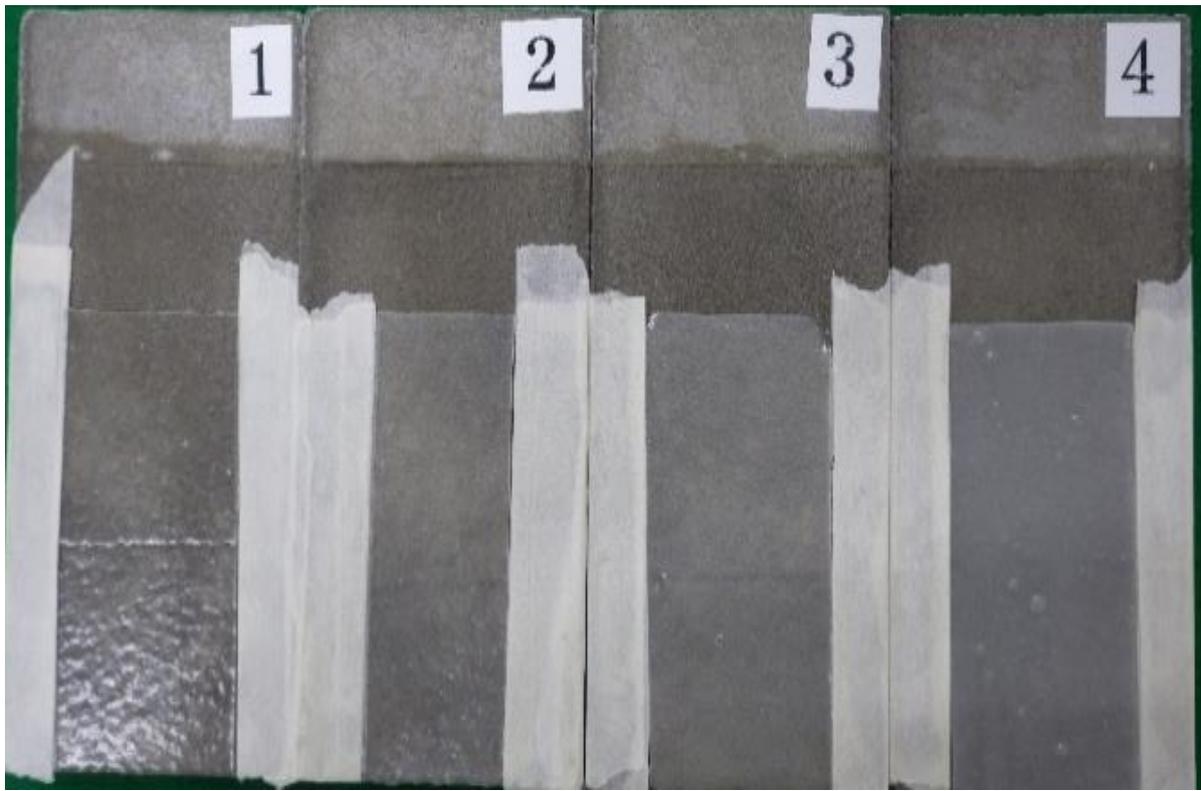
5. 2 視認性評価用供試体の塗料塗布前後の明度の測定データ

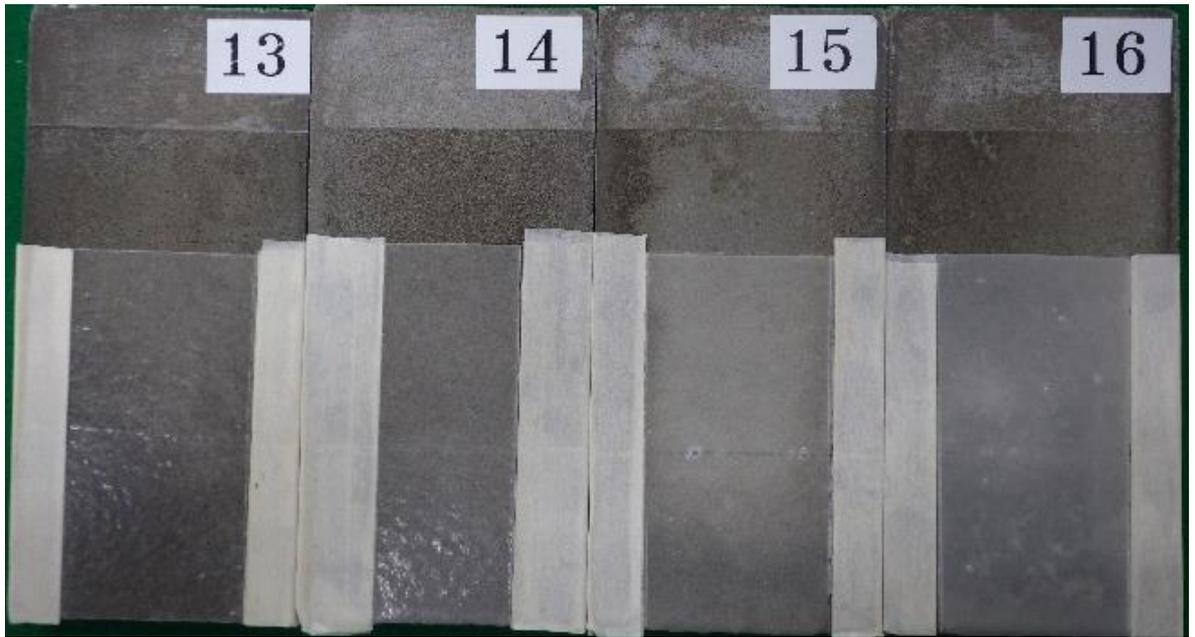
供試体番号	ΔL^* ($L^*_{a} - L^*_{b}$)	L^*_{a}	L^*_{b}
1	-15.7	45.4	61.0
2	-7.6	51.1	58.7
3	-5.5	51.4	56.9
4	-3.2	52.7	55.8
5	-3.5	54.8	58.3
6	-9.3	50.5	59.9
7	-10.5	47.0	57.6
8	-7.6	49.6	57.1
9	-4.1	50.9	55.0
10	-7.0	52.3	59.3
11	-4.2	55.7	59.9
12	-8.6	49.8	58.4
13	-2.0	46.6	48.7
14	-5.6	52.1	57.8
15	0.8	58.2	57.4
16	1.0	55.3	54.3
17	6.1	60.4	54.3
18	2.6	55.3	52.7
19	-17.9	42.5	60.5
20	-9.1	50.9	59.9
21	-7.0	48.2	55.2
22	-7.3	51.8	59.1
23	-2.2	54.8	57.0
24	-6.7	52.9	59.5
25	-1.9	55.1	57.1
26	-3.1	58.9	62.0
27	-6.7	56.8	63.5
28	2.0	61.9	59.8
29	1.8	58.1	56.4
30	0.2	59.9	59.7
31	-3.6	53.7	57.2
32	-1.9	59.4	61.3
33	-5.3	55.1	60.4
34	-0.4	57.1	57.5
35	1.1	60.6	59.5
36	-3.2	57.0	60.2
37	-0.4	53.8	54.2
38	1.7	60.1	58.5
39	2.1	61.6	59.5
40	0.6	60.3	59.6
41	6.4	61.7	55.4
42	3.3	57.7	54.4

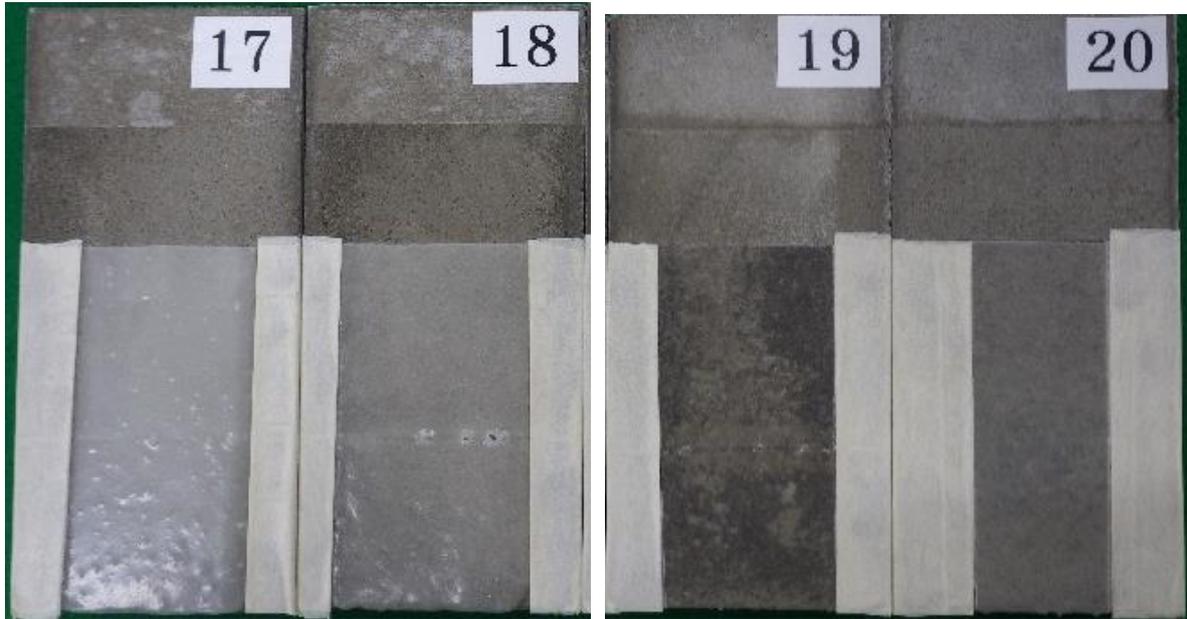
5. 3 塗膜の隠ぺい率測定結果

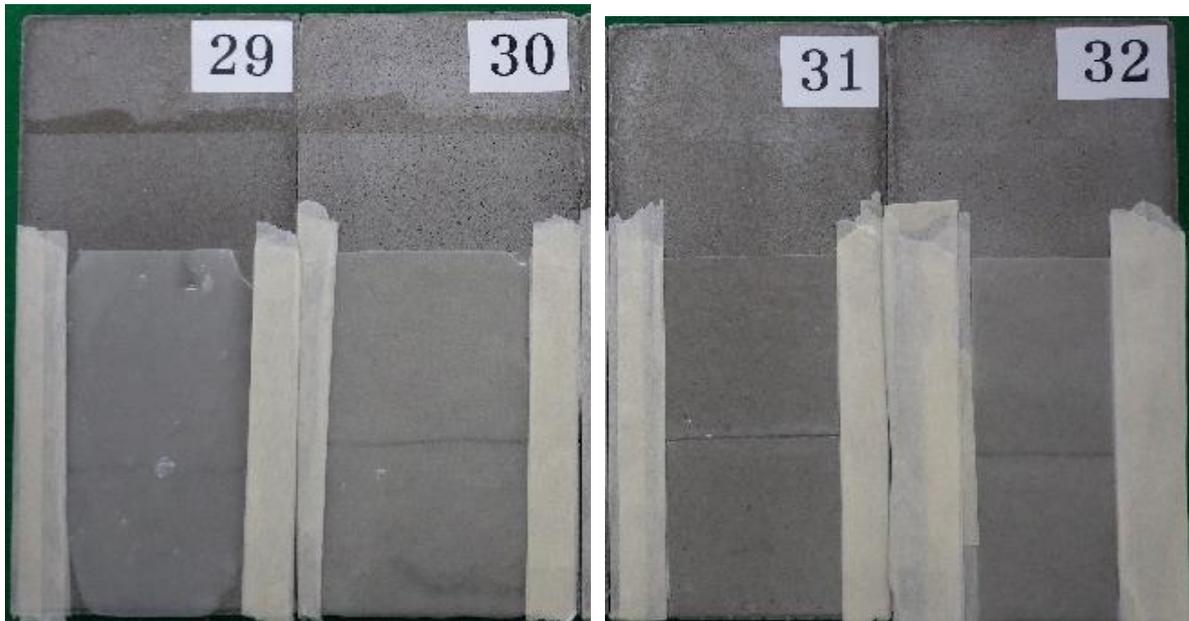
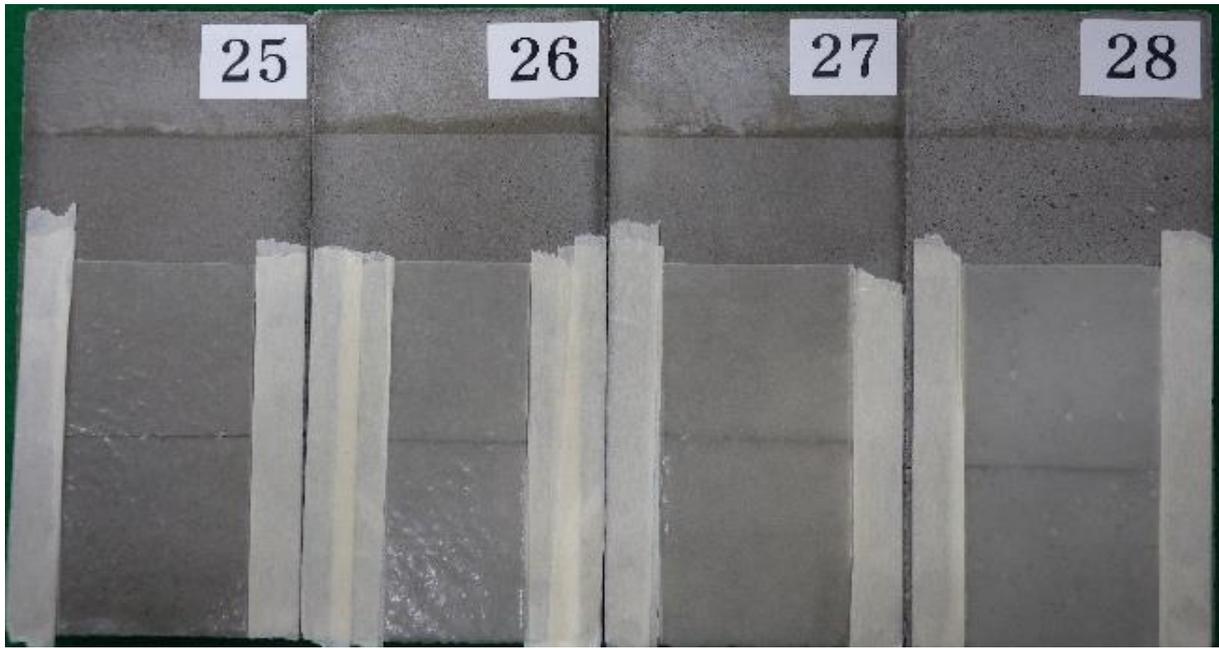
塗膜番号	隠ぺい率	Y_B	Y_W
I	(%) 6.0	4.49	74.24
II	12.6	8.51	67.35
III	14.3	8.85	61.83
IV	18.3	11.71	63.93
V	20.0	12.74	63.69
VI	21.1	12.18	57.69

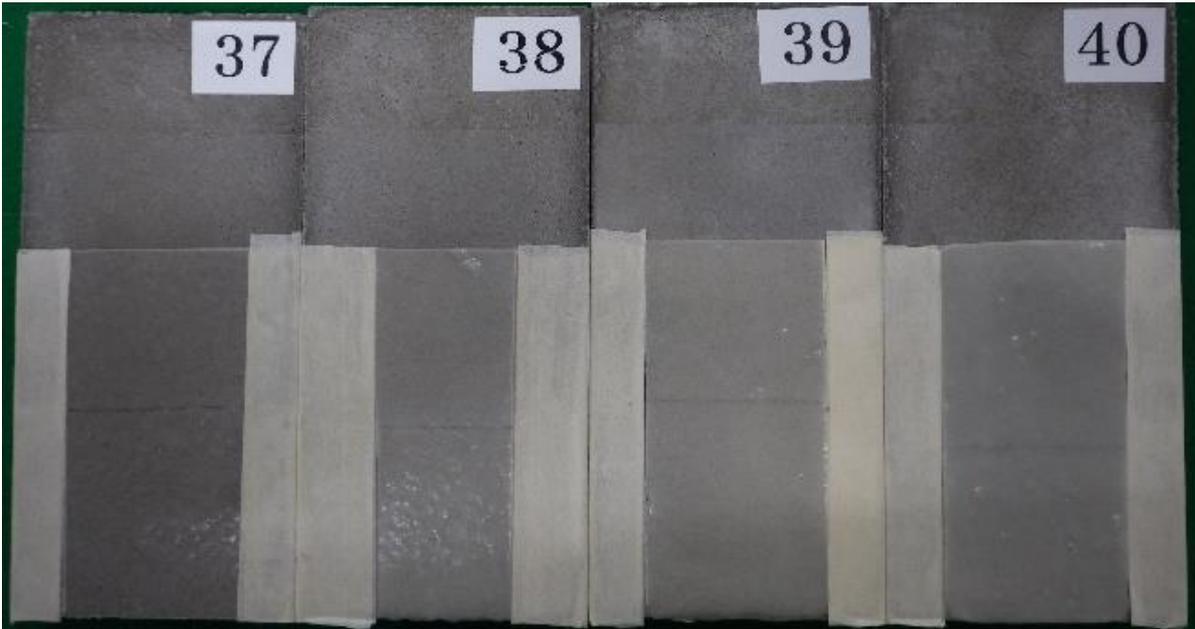
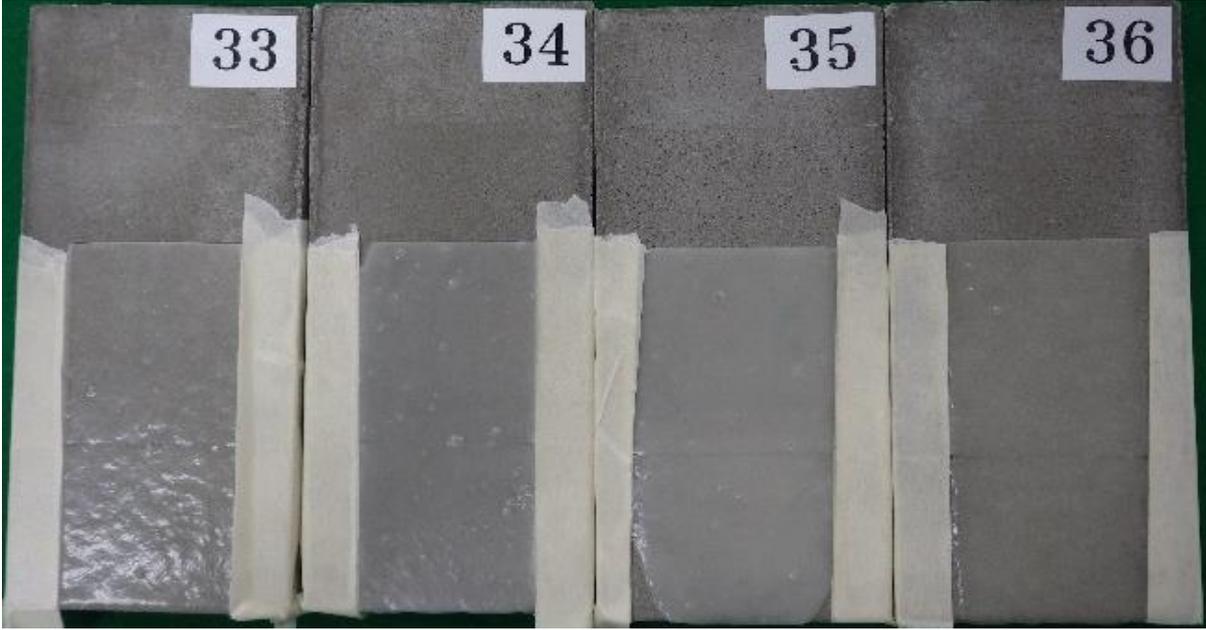
5. 4 供試体写真

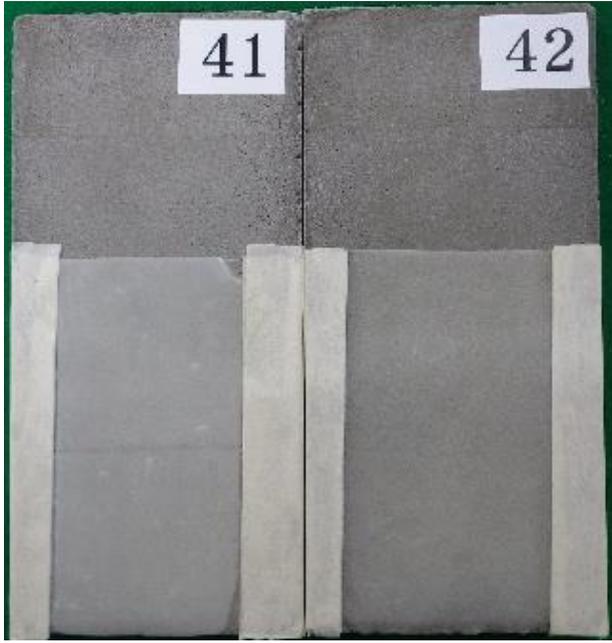












付 属 資 料

コンクリート表面の視認性に関する表面被覆材の評価方法（案）

1. 適用範囲

この評価方法（案）はコンクリート用表面被覆材の目視による視認性を、塗膜をモルタル板表面に塗布した時の暗色化^{*)}度合いと、塗膜の隠ぺい率により評価する方法を規定する。

^{*)}暗色化とは、コンクリート内部に塗料の一部が含浸し濡れ色（元の表面の色より暗い色）を呈すること。

2. モルタル板に塗布した際の暗色化度合い試験

2.1 供試体

長さ 150 mm 以上、幅 70 mm 以上、厚さ 10 mm 以上のモルタル板を用いる。

JIS K 5600-4-5 に規定される三刺激値色彩計で、 L^* が 55～65 の範囲であること。

2.2 試験方法

JIS K 5600-4-5 に規定される三刺激値色彩計を用いて測色する。

2.3 暗色化度合いの算出

JIS K 5600-4-6 に基づいて、試験に供する透明表面被覆材を塗布前のモルタル表面の明度と、所定の仕様で塗布・硬化後の明度を測定し、その差から明度差 ΔL^* を算出する。

$$\Delta L^* = L^*_a - L^*_b$$

ここに

L^*_a : 塗装後のモルタル表面の明度

L^*_b : 塗装前のモルタル表面の明度

得られた明度差 ΔL^* より、暗色化度合いを $-\Delta L^*$ で表す。

3. 塗膜の隠ぺい率試験

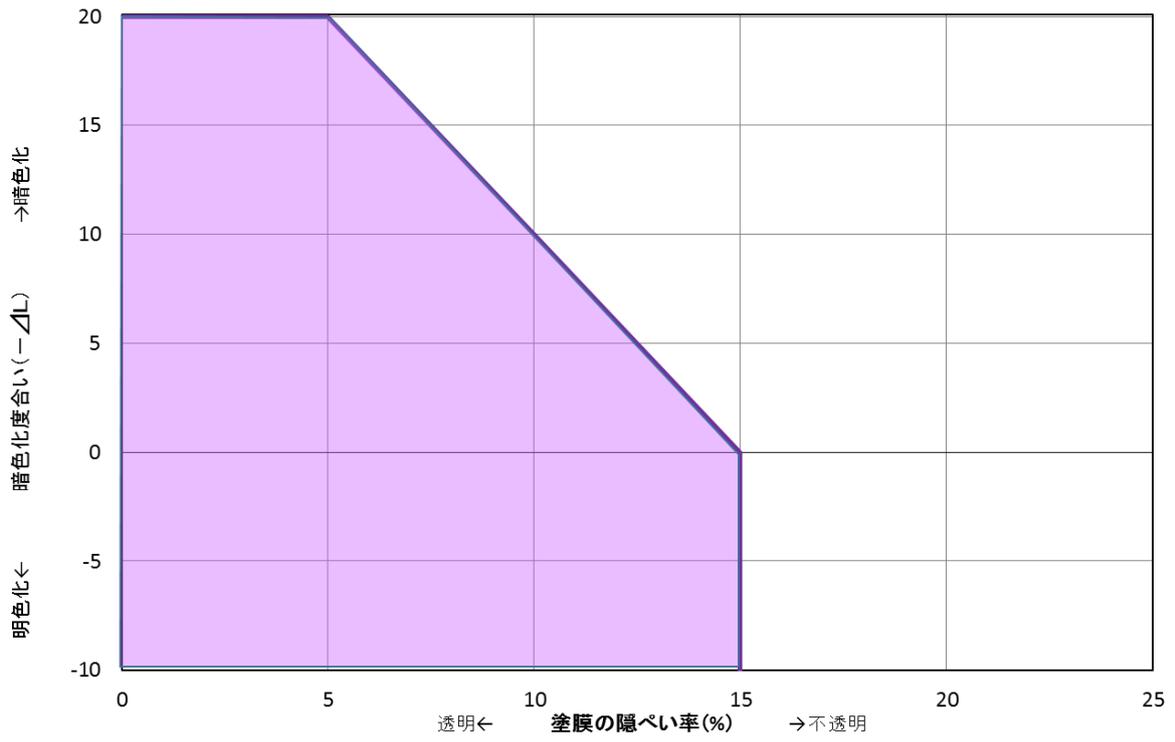
JIS K 5600-4-1 「淡彩色塗料用の隠ぺい力測定方法」の、方法 B（隠ぺい率試験紙法）により、所定の仕様で塗布・硬化させた塗膜全層の隠ぺい率を求める。

4. 視認性の判定

2. で得られた暗色化度合い ($-\Delta L^*$)、および 3. の塗膜の隠ぺい率が、付図の視認性判定図の着色範囲に入る場合は、表面被覆材の視認性が良好と判定する。

5. 報告事項

モルタル基板の寸法と明度値 L^* 、表面被覆の仕様と塗布量、暗色化度合いの値 $-\Delta L^*$ 、隠ぺい率の値、視認性の判定結果、試験実施日、試験実施者、その他報告事項



付図 視認性の判定図

土木研究所資料
TECHNICAL NOTE of PWRI
No. 4387 March 2019

編集・発行 ©国立研究開発法人土木研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

国立研究開発法人土木研究所 企画部 業務課
〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 電話029-879-6754