

施工方法の違いがコンクリート表面の仕上がり状態に及ぼす影響について
- 表面色および光沢度に関する検討 -

ものづくり大(学部) ○大塚 秀三
ものづくり大 高橋 宏樹
ものづくり大 中田 善久

1. はじめに

JASS5におけるコンクリート表面の仕上がり状態を規定する要素¹⁾は、表面の平坦さ、色むらおよび気泡痕などの肌合い(テクスチャー)に関するもののほか、仕上がり面に現れる表面の密実さの度合いや、豆板・コールドジョイントなどの打込みに伴って生じる欠陥の有無とされている。これらは、調合や材料に起因するだけでなく、打込み・締固めなどの施工方法の影響が大きい。これまで、仕上がり状態の判断要素のひとつであるコンクリートの表面色について、調合や材料による明度L*に及ぼす影響に関する検討が多数行われているものの、施工方法を主眼とした研究は、柏木²⁾らの脱型時期、養生温度および打継ぎ時間間隔による検討のほか、極めて少ない。

そこで、本報告は、施工方法の違いによるコンクリート表面の仕上がり性状に関する研究の一環として、打込み方法および養生方法の違いが表面色に及ぼす影響の基礎的な傾向を把握するために行ったものである。

ここでは、構造体の壁面および床下面を想定した模擬試験体(以下、試験体とする)を作製し、L*a*b*表色系³⁾による表面色および光沢度の測定結果を報告する。なお、本研究における検討の範囲は、汚れなどの要因を含まないと思われる初期の材齢(材齢28日)までとした。

2. 実験概要

本実験に用いたコンクリートは、表1に示すようにW/Cを70、50および37%の3水準の調合とした。コンクリートの使用材料を表2に示す。実験の組合せは、W/Cごとに、試験条件を「打込み前」、「締固め」、「打込み後」および「型枠の種類」に大別して、表3に示すような水準を設定し、コンクリートの硬

化後、試験体の明度、色度および光沢度を1面当たり9箇所を定点測定した。測定値は、表3中の試験体記号N-5-AおよびN-15-Aを基準(以下、基準と称する)として、各試験条件に対して単一条件同士で

表1 コンクリートの調合およびフレッシュコンクリートの性状

W/C (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m³)						スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度 (°C)
		C	W	S	G	化学混和剤				
						AE 減水剤	高性能AE 減水剤			
70.0	50.9	260	182	919	895	3.120	-	17.5	4.6	16.0
50.0	46.0	366	183	788	935	4.392	-	20.5	3.4	17.0
37.0	44.6	460	170	744	935	-	4.600	20.5	3.4	17.0

表2 コンクリートの使用材料

材料	種類	特性・主成分
セメント	普通ポルトランドセメント	密度3.16(g/cm ³)
細骨材	栃木県栃木市尻内町産陸砂	表乾密度2.61(g/cm ³),粗粒率2.75
粗骨材	栃木県栃木市尻内産碎石	表乾密度2.64(g/cm ³),実積率59.0
混和剤	AE減水剤標準形Ⅰ種	リグニンスルホン酸系化合物
	高性能AE減水剤標準形Ⅰ種	ポリカルボン酸系化合物

表3 実験組合せ

W/C (%)	試験体記号		試験条件										
			打込み前			締固め		打込み後		型枠の種類			
			散水 ¹⁾		剥離 剤塗 布 ²⁾	パイプ レータ ³⁾		養生方法		塗装 合板 ⁶⁾	塩ビ ⁷⁾		
	壁	床	試験条件	有	無	布 ²⁾	5s	15s	散水→気中 ⁴⁾	気中 ⁵⁾	E		
BW				N	S		5	15	AW	A		T	
70	W	S	N-5-A		○			○			○	○	○
			BW-5-A	○				○			○	○	○
			S-5-A				○	○			○	○	○
			N-5-AW		○			○		○		○	○
			N-15-A		○				○		○	○	○
			BW-15-A	○					○		○	○	○
			S-15-A				○		○		○	○	○
			N-15-AW		○				○			○	○
N-15-A			○				○		○	○	○		
BW-15-A		○					○		○	○	○		
S-15-A					○			○		○	○		
N-15-AW			○				○	○		○	○		
37		N-5-A		○			○			○	○	○	
		BW-5-A	○				○			○	○	○	
		S-5-A				○	○			○	○	○	
		N-5-AW		○			○		○		○	○	
	N-15-A		○				○		○	○	○		
	BW-15-A	○					○		○	○	○		
	S-15-A				○	○		○	○	○	○		
	N-15-AW		○				○	○		○	○		

1) 打込み直前に、型枠の全表面に水道水を20ml噴霧した。
2) 化学反応型剥離剤であり、型枠の全表面にウエスにて塗布した。
3) 30φ高周波パイプレータ(振動数12,000~15,500Hz)により、1試験体あたり同位置に3箇所挿入した。
4) 型枠脱型後の材齢7日まで、試験体表面に水道水を12ml噴霧し、恒温恒湿室(室温20°C, RH60%)に静置した。
5) 型枠脱型直後より恒温恒湿室(室温20°C, RH60%)に静置した。
6) JAS: コンクリート型枠用合板(表面加工品)の厚さ12mmとし、表面にオーバーレイの施されたものである。
7) 型枠用合板の表面に厚0.6mmの塩ビ板を貼付した。なお、床状試験体は、塗装合板のみとした

の比較を行った。試験体は、実際の構造体を想定した壁面状試験体(W)および床下面状試験体(S)とし、計40体を作製した。使用型枠は、試験体Wでは、片面ごとに塗装型枠および塩ビ板とし、試験体Sでは塗装型枠のみとした。試験体の形状は、いずれも図1中に示すように、300×300×200mmとした。また、打込み時の水の流失を防ぐために、型枠の入隅部分には全周変成シリコン系シーリングを充填した。打込み方法は、2層に打分け、1層ごとのコンクリートの打込み量を一定とした。また、コンクリートの打込みに際しては、いずれの試験体も1層ごとに3箇所の同位置へ30φの高周波バイブレーター(振動数:12,000～15,500Hz)を10cmの深さに

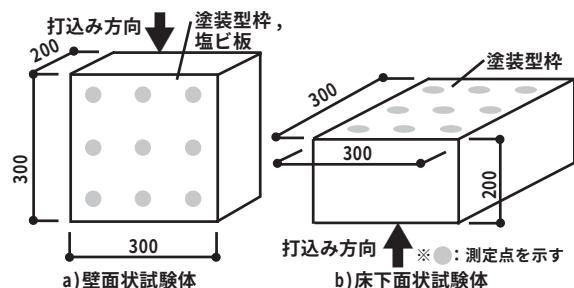


図1 試験体の形状

5または15秒間挿入した。さらに、試験体への打込み直後に試験体の上端をビニルにて覆うことにより水分の発散を防止し、48時間静置した後脱型し、全ての試験体を恒温恒湿室(室温20℃,RH湿度60%)に養生した。明度L*,色度および光沢度の測定は、型枠の脱型時を基点とし、材齢1,3,7,14,21および28日とした。なお、測定位置は、ピンホールおよび目視により判断できる色むらの部分は除外した。

3. 実験項目および方法

(1) 表面色

測色には、拡散照明/垂直受光方式がd/8(8°受光方向)の分光測色計(M社製:CM-508d)を用いた。測色箇所は、Wでは側面とし、Sでは下面とした。また、各試験体において9点を定点測定し、その平均値を用いた。測色条件は、光源:D65,正反射光込みSCI方式,10°視野および視野1回瞬時発光とした。また、分光測色計による測色結果からL*a*b*表色系の色座標a*およびb*の値を用いて、彩度C*abを(1)式より算出³⁾した。

$$C^*ab = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \dots \dots (1)$$

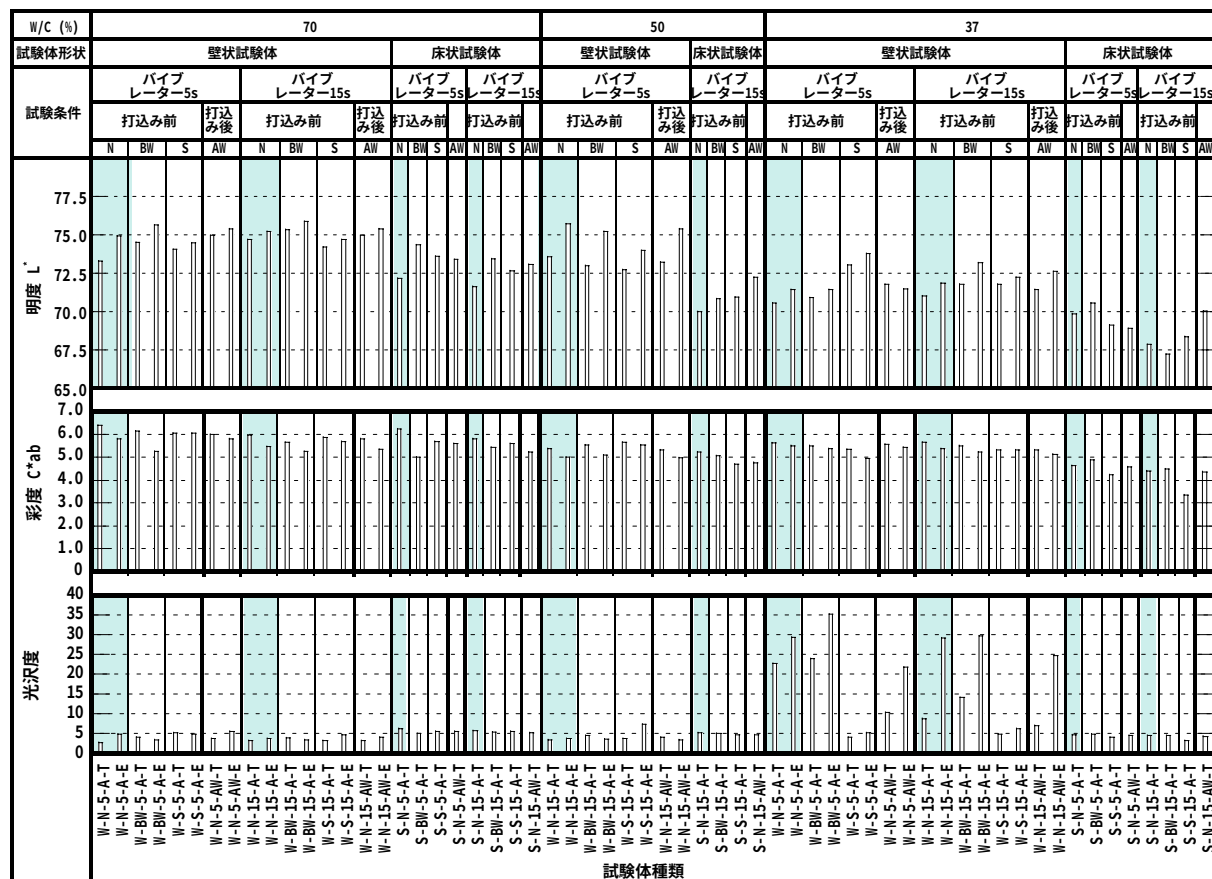


図2 材齢28日における明度L*,彩度C*abおよび光沢度

(2) 光沢度

光沢度は、測定開口が $9 \times 18\text{mm}$ である小型携帯用光沢計(M社製:GM-60)を用いて、鏡面光沢度 60° として、表面色の測定と同位置について、1試験体あたり9点を定点測定し、その平均値とした。

4. 実験結果および考察

明度 L^* 、彩度 C^*ab および光沢度は、いずれの試験体とも、若材齢において変動幅が大きい傾向であったため、測定値の安定した材齢28日での比較とした。材齢28日における明度 L^* 、彩度 C^*ab および光沢度を図2に、基準の試験体の材齢28日における明度 L^* 、彩度 C^*ab および光沢度を図3に示す。

以下、施工方法および養生方法の違いごとに明度 L^* 、彩度 C^*ab および光沢度に及ぼす影響について述べる。

(1) 打込み前の型枠への散水および剥離剤の影響(図2参照)

打込み前の型枠への散水による明度 L^* への影響は、基準と比較して、W/C70%および37%では、試験体の形状、型枠の種類およびバイブレーターの挿入時間の違いに関わらず、基準より概ね若干高い値となったが、W/C50%では、ほぼ同等か若干小さい傾向となった。また、剥離剤の塗布による影響は、基準と比較して、W/C70%および50%では、いずれも試験体の形状および型枠種類によって異なり、明確な傾向は見られなかったが、W/C37%では、ほぼ高くなる傾向を示した。

彩度 C^*ab は、基準に比べ、打込み前の型枠への散水および剥離剤の塗布ともにいずれの試験体とも微少に変化するが、全体的にばらつき、明確な傾向は見られなかった。

光沢度は、いずれの試験体とも打込み前の型枠への散水により基準に比べほぼ同等か若干高い傾向となった。また、剥離剤の塗布により、いずれの試験体とも概ね光沢度が低下する傾向となった。

(2) バイブレーターによる締固め時間の影響(図3参照)

バイブレータによる締固め時間の違いによる影響は、図3に示すようにW/C70%および50%における基準の試験体同士での比較とした。

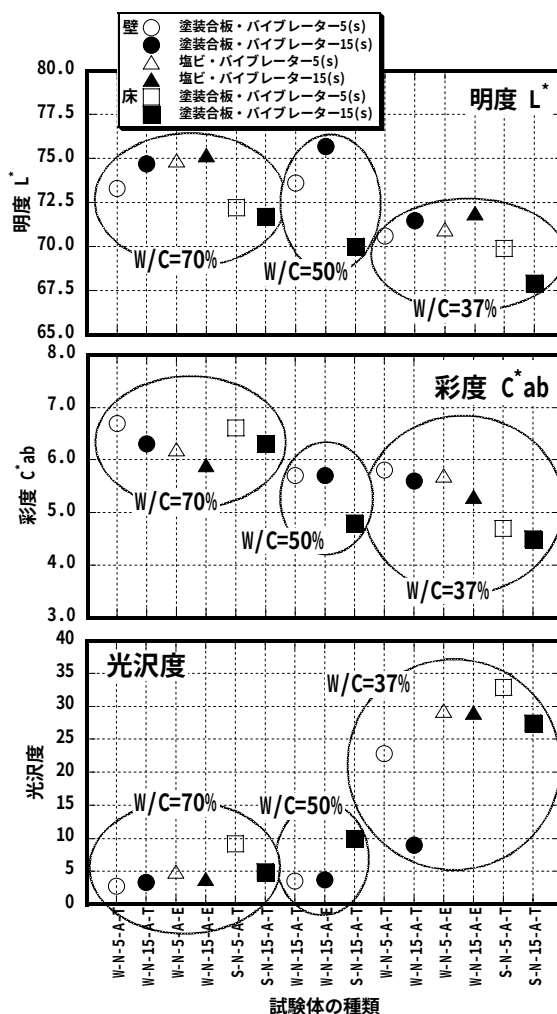


図3 基準の試験体の材齢28日における明度 L^* 、彩度 C^*ab および光沢度

明度 L^* への影響は、いずれもWにおいては、型枠の種類によらず $5 < 15$ 秒となったが、Sにおいては、いずれの試験体とも $15 < 5$ 秒の傾向を示した。WとSの明度差は、2程度であった。

彩度 C^*ab への影響は、若干のばらつきが見られるものの、いずれの試験体とも $5 > 15$ 秒の傾向を示した。

光沢度への影響は、概ね $5 > 15$ 秒となり、長時間の挿入が光沢度を若干低下させる傾向となった。

(3) 打込み後の養生方法による影響(図2参照)

打込み後の養生条件のうち散水による差異は、各W/Cにおいて、基準より若干低い傾向を示す試験体も見られたが、影響のあった試験体においては、基準と比して明度差が顕著に大きくなる傾向を示した。一般的に、コンクリートの硬化後の散水は、明度 L^* の値が上昇する傾向となるが、今回の実験の範

囲では、一律の傾向を示さなかった。

彩度 C^*ab への影響は、すべての試験体において基準に比してほぼ同等か若干低下する傾向を示した。

打込み後の散水による光沢度への影響は、いずれも基準と比べ顕著な差異は見られなかった。

(4) 型枠の種類および壁・床状試験体の違いによる影響(図3参照)

いずれも W に比して S の方が概ね明度 L^* が低い傾向を示した。型枠の種類による明度 L^* への影響は、同一条件の試験体であれば、ほぼ塩ビ>塗装合板の順であり、型枠の種類の違いが明度差へ顕著に影響するといえる。

(5) 水セメント比の違いによる影響(図3参照)

明度 L^* の傾向は、 $W/C70\%$ に比べて $W/C37\%$ は、明度 L^* の低下が著しい。これは、 $W/C37\%$ が最も単位セメント量が多いことによると思われ、既往の研究⁴⁾と同様の傾向を示した。彩度 C^*ab の W/C ごとの比較では、 $W/C70\% < W/C50\% < W/C37\%$ の順に彩度 C^*ab が低下し、 W/C の大きい方が黄味を帯びる傾向となった。これは、色座標 a^* の値は、極小であることから、 b^* の値に依存するため、彩度 C^*ab の値は、 b^* の値とほぼ同様の傾向を示し、 W/C が低くなるにつれて色座標 b^* のプラス方向からマイナス方向へ移行し、黄味から青味を帯びる傾向となったともいえる。光沢度の傾向は、打込み方法の違いによらずに $W/C70\%$ および $W/C50\%$ に比して、 $W/C37\%$ が極端に高い傾向を示したことから、単位セメント量の多い方が光沢度へ大きく影響すると考えられる。

5. まとめ

施工方法および養生方法の違いがコンクリートの表面色の明度 L^* 、彩度 C^*ab および光沢度に及ぼす影響について、基礎的な検討を行った結果、今回の実験の範囲内では、以下の傾向が見られた。

①バイブレーター挿入時間による差異は、 W において長時間挿入することにより、明度 L^* が大きくなるが、 S においては挿入時間の短い方が明度 L^* が大きくなる傾向となった。

②いずれの施工方法および養生方法においても明度 L^* は、塩ビ>塗装合板となり、型枠の表面の粗さが

明度に及ぼす影響は大きいと考えられる。

③明度 L^* は、いずれの試験条件とも、 W/C ごとの比較において、 $W > S$ の傾向を顕著に示した。

④彩度 C^*ab は、バイブレーター挿入時間が長くなるにつれて低下し、型枠への散水や剥離剤の塗布も同様に低下する傾向を示したが、1.0 程度の範囲の差異であった。また、彩度 C^*ab の測定結果から、 W/C が小さくなるにつれて、黄味から青味を帯びてくる傾向となり、明度 L^* の測定結果においても W/C が小さいほど明度 L^* の低下が顕著であった。

⑤光沢度は、剥離剤の塗布およびバイブレーター挿入時間が長くなると低下する傾向を示した。また、 W/C が小さい方が極端に高い値となったことで、単位セメント量が多い方が光沢度への影響が顕著となると考えられる。

今後、施工方法の違いによるコンクリート表面の仕上がり性状に関して、他の要素についても検討していく予定である。

【謝辞】

本実験を行うにあたり、小山レミコン(株)ならびに大木崇輔君、小田新二君、権田武士君、佐々木真宏君、鈴木大介君、杉浦央剛君、辻村純一君(ものづくり大学建設技能工芸学科)を中心とした学生より多大なご協力を頂きました。ここに記して深謝致します。

【参考文献】

- 1) (社)日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事, p.144, 2003
- 2) 柏木ほか: 打放しコンクリートの色調制御(その2 脱型時期・養生温度・打継ぎ時間間隔の影響), 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 分冊, pp.1137-1138, 1998.9
- 3) JIS Z 8729: 「色の表示方法 - $L^*a^*b^*$ 表色系および $L^*u^*v^*$ 表色系」, 1994
- 4) 大橋ほか: 打放しコンクリートの色調制御(その1 調合要因の影響), 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 分冊, pp.1135-1136, 1998.9