

阿南工業高等専門学校 正会員 ○ 堀井克章
 阿南工業高等専門学校 多田 孝
 香川大学工学部(学生) 松家武樹
 片山佳伸

1. はじめに

合板型枠と同様に現場打ちコンクリートで使用后、撤去せずに構造物の表層として埋設する薄肉板状製品の永久型枠には、①使い捨て合板型枠の代用による熱帯材の保護や建設廃材の削減、②型枠撤去・養生・仕上げの簡素化による合理化施工、③ハーフプレキャスト化による製品工場と施工会社との共生、④永久型枠の密化による構造物の高耐久化、⑤永久型枠への着色や造形による構造物の景観改善などの利点がある。

本研究では、各種の着色を施したモルタル製永久型枠の使用で、構造物の表面温度が変われば、その利用者や周囲の環境、永久型枠と現場打ちコンクリートとの一体性などに影響が及ぶため、モルタルの表面温度とモルタルの着色法、色、使用材料などとの関係を調べるとともに、その測定法として用いた赤外線サーモグラフィの利点欠点を確かめ、欠点として得られた光沢のある試料の測定誤差に関し、試料表面の明度、輝度、光沢度などの指標、測定角度の変化や遮光による太陽の反射光を抑える測定法などの利用価値を探った。

2. 実験

実験では、着色法（酸化金属粉系顔料混入、アクリル樹脂系塗料吹付け）、色（無着色、白、黒、赤、緑、黄、青、金、銀）、使用材料（ち密性を高めるスチレンアクリル系ポリマーの有無）などを要因として作製したモルタル板（100mm径×20mm厚）と比較用鋼板（100mm径×2mm厚）を断熱板に接着して太陽光にあて（暴露試料面；正南面、傾斜35°）、試料中央部の表面温度を一般的な接触型熱電対式表面温度計と非接触型サーモレーサ（長波長機）で計測した。また、分光測色計、輝度計、光沢計などで試料表面の彩度、明度、輝度、光沢度を求め、測定角度（試料面との正対方向を0°とした水平角度）や試料を屋外から屋内へ移す遮光がサーモグラフィの表面温度表示に及ぼす影響も調べた。なお、モルタル試料の配合は、 $S/(C+P)=1.50$ 、 $W/(C+P)=0.45$ 、 $P/(C+P)=0$ と0.10、 $PI/(C+P)=0$ と0.05（消泡剤使用）などとした（S：白色系けい砂・黒色系フェロニッケルスラグ砂、C：普通セメント・白色セメント、P：ポリマー不揮発分、W：水、PI：顔料）。

3. 結果と考察

実験結果を示した写真-1、表-1、および図-1に関する考察を以下に述べる。

- ①サーモグラフィによるモルタルの表面温度計測は、金色や銀色などの金属光沢のある塗料を除き、着色法、色、ポリマー有無、気温、測定角度などによらず、接触型と比べて若干低い近い値を示すため、様々な環境下にある大規模で多様なコンクリート構造物の検査に有効といえる。
- ②金属光沢のある金色や銀色の塗料を用いたモルタルや鋼、塗料を施さない鋼などは、気温などの気象条件によらず、接触型と比べてサーモグラフィの温度表示はかなり低い。
- ③モルタルや鋼の表面温度は、 $L*a*b*$ 表色系の明度が低く黒っぽい試料ほど高く、白色に比

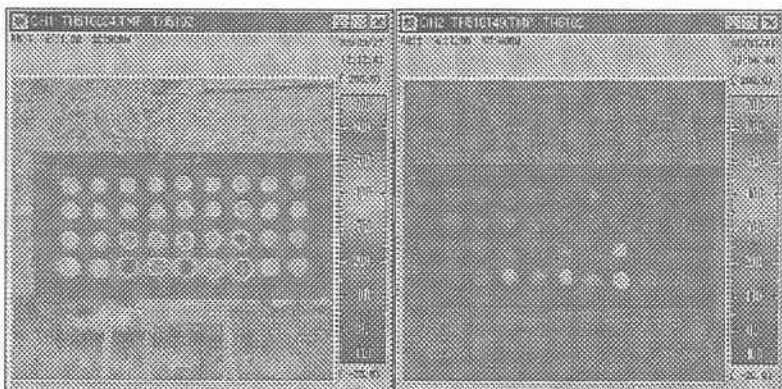


写真-1 サーマグラフィの例（左：気温30℃、右：気温10℃）

べて黒色の試料の表面温度は、10～30℃程度高い。

④セメント質量に対して10％程度のポリマー使用がモルタルの表面温度に及ぼす影響は小さいが、赤色や黒色の顔料使用時は、ポリマー有りの方がポリマー無しと比べてやや白っぽくなり、表面温度がやや低くなる。

⑤L*a*b*表色系の明度に幅があり、赤緑軸彩度や黄青軸彩度の大きい塗料は、顔料よりもモルタルの着色性に優れており、彩度は、顔料・塗料ともに赤色、黄色および青色が高く、緑色が低い。

⑥Yxy表色系のY値を用いた輝度は、白色の試料が最も高く、黒色の試料が最も低いといった明度と同様な傾向があり、照明角／受光角が60°での光沢度は、顔料よりも塗料、モルタルよりも鋼、およびポリマー無しよりもポリマー有りの方がいずれも高いが、サーモグラフィによる金属光沢のある試料の温度計測の補正に利用するには検討を要する。

⑦サーモグラフィによる金属光沢のない試料の温度表示は、水平方向の測定角度が0～±45°の範囲内ではほぼ同じ値を示し、遮光前よりも遮光直後にやや小さくなり、遮光後の経過時間に伴う室温への温度低下は、モルタルよりも鋼、および明度が高いものよりも低い方がいずれも大きい。

⑧サーモグラフィによる金属光沢のある試料の温度表示は、測定角度が大きいほど高く、遮光前よりも遮光直後の方が高いが、いずれも接触型に比べてかなり低いため、サーモグラフィで利用されることが多い放射率補正を行う場合、同じ試料でも測定角度や照明（太陽光、人工光など）などに配慮する必要がある。

4. むすび

本実験より、カラーモルタルの表面温度に影響を及ぼす要因、サーモグラフィによる表面温度計測の有効性や問題点などが確かめられた。今後は、太陽に対する試料面の向き、照度、風速などの暴露条件とモルタルの表面温度との関係、モルタルの表面と内部との温度差などについて検討する予定である。

表-1 試料表面の性状と温度（測定角度と遮光の影響）に関する実験結果

試料	色材	赤緑彩度	黄青彩度	明度	輝度 (cd/m ²)	光沢度 (Gs)	表面温度 (℃)											
							接触 角度	非接触—角度 (°)					接触 遮光	非接触—遮光				
								正面	±15	±30	±45	±60		直前	直後	30分	60分	
顔料 P有り	普赤	+ 1.1	- 1.3	91.8	9680	30.5	26.9	24.3	24.4	24.3	24.1	23.6	23.6	21.0	20.0	13.1	10.8	
	無黒	+ 2.2	- 6.5	78.1	7200	7.0	31.4	29.6	29.7	29.7	29.6	28.8	27.6	25.7	24.7	15.9	12.3	
	白	+ 2.2	- 6.6	113.4	17300	17.7	21.0	14.9	14.8	14.8	14.8	14.6	15.4	12.8	13.0	10.9	10.2	
	無赤	+26.9	+16.5	82.9	7820	20.4	25.2	21.9	21.8	21.8	21.6	21.4	21.7	19.0	18.1	12.6	10.8	
	緑	-16.4	+ 9.4	81.0	7750	28.7	28.1	24.9	24.8	24.7	24.8	24.1	24.2	21.5	20.7	13.5	11.3	
顔料 P有り	普赤	+ 8.7	+45.7	91.3	10100	15.5	26.4	23.1	23.2	23.2	23.2	22.6	22.6	20.0	19.2	13.2	11.1	
	黄	+ 1.4	-44.2	86.9	8140	21.4	24.2	21.2	21.1	21.0	20.9	20.6	20.9	18.0	17.8	12.6	10.8	
	普赤	+ 1.6	- 4.9	92.3	9950	63.6	27.2	23.9	24.1	24.2	24.0	23.6	23.4	20.8	20.4	13.8	11.3	
	白	+ 1.4	- 7.6	84.3	8150	28.2	30.8	28.4	28.4	28.4	28.1	27.8	27.1	24.8	23.8	15.6	12.2	
	無赤	+ 1.8	- 8.3	108.6	16400	24.1	19.8	16.5	16.6	16.8	16.6	16.4	16.6	14.3	14.3	11.7	10.5	
塗料 P有り	普赤	+12.9	+ 1.3	102.6	12450	26.9	22.2	18.1	18.1	18.2	18.2	17.9	19.0	16.4	16.4	12.4	10.9	
	無赤	-16.7	+ 6.9	80.7	7800	29.7	28.6	24.9	25.0	25.0	25.1	24.6	24.4	22.4	21.3	14.2	11.5	
	白	+ 7.9	+41.2	92.1	10400	16.3	26.0	22.5	22.6	22.6	22.7	22.2	22.8	20.0	19.2	13.6	11.1	
	無赤	+ 2.6	-46.8	84.8	8310	21.6	24.8	21.4	21.6	21.5	21.6	21.2	21.4	18.8	18.5	13.2	11.1	
	普赤	+ 1.1	- 1.3	91.8	9680	30.5	26.9	24.3	24.4	24.3	24.1	23.6	23.6	21.0	20.0	13.1	10.8	
塗料 P無し	無黒	- 0.1	- 4.3	21.4	460	36.4	38.3	38.1	38.2	38.2	37.8	36.8	34.6	33.4	31.2	16.8	12.0	
	普赤	+ 0.8	- 5.5	118.5	17800	63.7	19.0	16.2	16.3	16.3	16.2	16.0	15.8	13.8	13.6	11.1	10.1	
	白	+59.6	+38.4	50.4	2240	32.3	30.5	28.5	28.7	28.9	28.6	27.8	26.8	24.8	23.5	14.4	11.2	
	無赤	-30.5	+19.2	46.9	2000	39.6	33.0	31.9	32.0	32.0	31.6	31.0	29.5	27.6	26.2	15.4	11.7	
	普赤	- 3.3	+70.1	93.6	10950	38.8	28.2	25.8	25.8	25.9	25.7	25.0	23.9	22.1	21.2	13.9	11.0	
鋼	普赤	-11.0	-53.0	63.8	3960	39.3	29.1	27.5	27.6	27.6	27.4	26.8	25.8	24.0	22.7	14.2	11.2	
	無赤	- 4.3	+26.3	84.9	5180	17.6	27.5	16.1	16.6	17.2	18.2	18.3	24.6	13.6	16.9	12.6	10.9	
	白	+ 1.2	-12.0	81.6	6450	11.4	25.0	13.5	14.0	14.4	15.5	16.0	31.0	11.4	15.2	12.1	10.8	
	無赤	+ 0.3	-11.1	59.5	2790	117.7	35.2	8.8	8.9	11.9	14.3	14.8	34.0	7.3	10.8	11.0	10.5	
	普赤	- 0.2	- 5.6	19.3	400	65.2	50.2	47.7	47.8	47.8	47.8	46.5	48.0	40.4	36.8	10.4	9.7	
鋼	無赤	+ 2.3	-12.7	111.6	17150	83.3	24.3	21.8	21.8	22.0	22.2	21.8	21.9	17.7	17.3	10.0	9.8	
	普赤	+56.5	+36.6	47.5	1910	69.6	41.2	37.4	37.4	38.1	38.4	37.4	39.8	31.1	29.3	10.7	10.0	
	白	-30.0	+17.9	47.1	1960	69.4	43.4	39.4	39.4	39.9	40.0	39.6	41.6	33.4	30.9	10.6	10.0	
	無赤	- 6.1	+68.3	90.3	9880	52.9	36.0	33.0	32.8	33.0	33.3	32.8	34.2	27.2	25.7	10.6	9.9	
	普赤	-11.0	-52.9	62.7	3860	66.0	39.0	33.7	33.8	33.8	34.6	34.2	37.3	27.9	26.6	10.6	9.9	
鋼	無赤	- 4.4	+25.9	97.8	5090	38.0	32.8	20.7	21.4	21.8	22.8	22.8	30.5	17.0	19.2	10.3	9.9	
	普赤	+ 0.8	-12.7	91.1	5020	45.9	27.4	15.8	16.6	17.0	18.2	18.4	25.6	13.1	16.0	10.1	9.9	

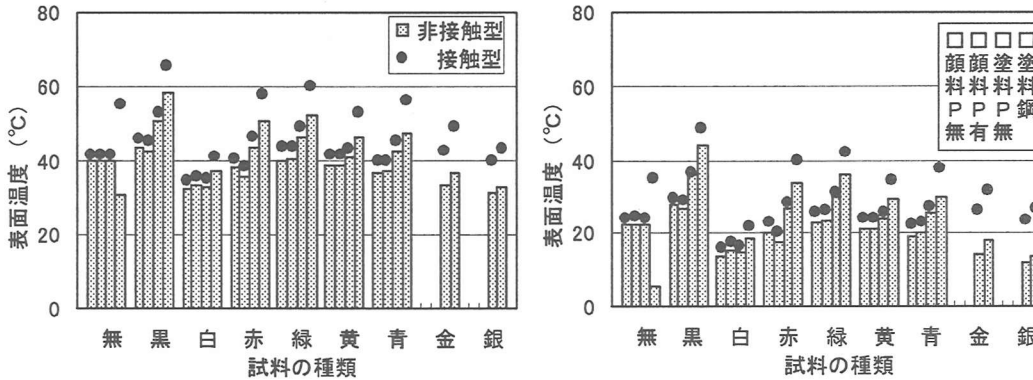


図-1 表面温度の測定結果（左：平均気温30℃，右：平均気温10℃）