

環境配慮コンクリートで作製したカラーコンクリートの耐色性能

大成建設（株）社会基盤技術研究部 正会員 ○岡本礼子，正会員 大脇英司

同上 都市基盤技術研究部 渡邊悟士

同上 東京支店 正会員 小沼貴憲，正会員 長嶋貴男

同上 土木営業本部 正会員 真保亨一

同上 環境本部 田中裕美

1. はじめに

著者らが開発した“環境配慮コンクリート”は、産業副産物の高炉スラグ微粉末を主な結合材とする低炭素型のコンクリートである^{1) 2)}。ポルトランドセメントを使用しないために硬化後の色が白い特徴がある。この特徴を利用して、コンクリート用の顔料を添加することで、白色ポルトランドセメントを使用した場合と同様に発色性に優れたコンクリートを作ることが出来た^{3) 4)}。このコンクリートを用いて二次製品を作製して屋外での暴露試験および促進耐候性試験機を用いた促進試験を実施し、退色や劣化状況を確認した。1年半の暴露試験および促進試験において、色差、光沢度を測定した結果、退色や劣化の兆候はみられなかった。

2. 材料および試験体の作製

結合材に高炉スラグ微粉末（BFS）と刺激材（St）を使用して環配-Wと環配-Rを作製した。環配-Wは表-1に示す配合とし、環配-Rは環配-Wに粉体に対して1%のコンクリート用の赤色顔料を添加した。コンクリートは練り混ぜ後、平板およびベンチの座面用の型枠に打ち込んで振動機に載せて締め固めた。練上がりから14～16時間室温で養生したのち、60℃の蒸気養生を2時間行った。その後翌日まで室内で養生してから脱型した。型枠に面した面について粗削り、仕上げ研磨を施した。作製した試料の表面の状況を図-1に示す。

3. 耐色性に関わる試験方法

作製したベンチの座面は、脚を取り付けて2018年1月から神奈川県横浜市（環配-W1、環配-R1）と東京都世田谷区（環配-W2、環配-R2）の屋外環境に暴露した。表面の色差を定期的に測定して耐色性を検討した。測定項目はCIE(1976) $L^*a^*b^*$ 色空間（JIS Z 8781-4）に規定される明度指数（ L^* ）、色座標（ a^* 、 b^* ）とし、分光色差計（NF333：日本電色工業製）を用いて測定した。測定点数は1試験体当たり24点とし、 L^* 、 a^* 、 b^* の平均値を求めた。また、作製した平板から150mm×60mm×10mmの直方体の試験体を切り出して促進耐候性試験機（XER-W75：岩崎電気製）を用いて促進試験を実施した（環配-W3、環配-R3）。試験条件を表-2に示す。照射強度条件は、照射波長を考慮すると日本の平均年間露光量の約6.2倍に相当する。測定項目はベンチ座面と同様の L^* 、 a^* 、 b^* に加え、JIS Z 8741-1997に規定される60度鏡面反射率による光沢度測定とした。測定点数は1試験体当たり6点として平均値を求めた。

表-1 配合 (kg/m³)

W/P	細骨材率	空気量	水	結合材：B		骨材		化学混和剤
			W	BFS	St	S	G	
32.5%	50%	6.0%	165	392	116	781	781	3.64

表-2 促進耐候性試験条件

項目	条件
照射強度	60W/m²
乾湿サイクル	2時間（乾燥:102分，湿潤:18分）
試験期間	7000時間（2時間×3500サイクル）

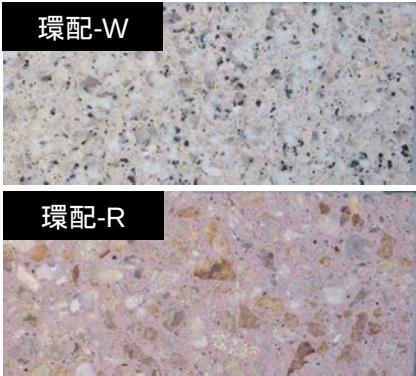


図-1 試料表面の状況

4. 色差測定結果

ベンチ座面の明度 (L^*) の測定結果を図-2 に示す。2カ所の暴露場所において、顔料を添加していない環配-W, 赤色顔料を添加した環配-R のどちらも、674 日経過時の L^* に大きな変化はみられなかった。暴露前のベンチ座面の L^* , a^* , b^* の測定値を基準値として、暴露後の測定値を比較した色差: ΔE^*_{ab} (式-1) を図-3 に示す。 ΔE^*_{ab} の値が小さいほど暴露前後の色の变化が小さく、耐色性に優れることを示す。 ΔE^*_{ab} は暴露時間の増加につれてやや大きくなったが、暴露 674 日目の ΔE^*_{ab} は 4.7(環配-W1(横浜))~8.8(環配-R2(世田谷))であり、小さな値であった。また、暴露開始時と 674 日目の比較 (図-4: 環配-W(横浜)) においても大きな変化はみられず、耐色性に優れることが確認できた。

$$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad \text{式-1}$$

促進耐候性試験機による促進試験での ΔE^*_{ab} の変化を図-5 に示す。顔料を添加していない環配-W3(促進)では試験期間を通してほぼ変化がなかった。顔料を添加した環配-R3(促進)では促進 500 時間までは ΔE^*_{ab} の増加がみられたがそれ以降は変化がなく、7000 時間経過時 (実環境換算で約 5 年) で $\Delta E^*_{ab}=4.8$ であった。

図-6 に促進試験に使用した試験体の光沢度測定の結果を示す。環配-W3(促進)では光沢度の上昇がみられたが、初期の光沢度が非常に小さいため、光沢度で耐色状況を判断することは難しかった。

5. おわりに

環境配慮コンクリート製の二次製品の実環境暴露および促進試験を行い色差 (ΔE^*_{ab}) で評価した。1.8 年間 (674 日間) の暴露試験では ΔE^*_{ab} はやや大きくなったが、目視では認識できない程度であった。促進試験における ΔE^*_{ab} は 500 時間以降の変化がなく、7000 時間 (実環境の約 5 年に相当) では暴露試験の結果と同程度以下であった。以上から、環境配慮コンクリートによるカラーコンクリートは、実環境での共用に十分な耐色性を有すると考えられる。

参考文献

- 1) 岡本礼子ほか, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.1, pp.1981~1986, 2013
- 2) 大脇英司ほか, コンクリート工学, Vol.57, No.1, pp.71~74, 2019.1
- 3) 岡本礼子ほか, 土木学会第 74 回年次学術講演会, V-15, 2019.9
- 4) 岡本礼子ほか, 大成建設技術センター報, 第 25 号, pp.16-1~16-6, 2019

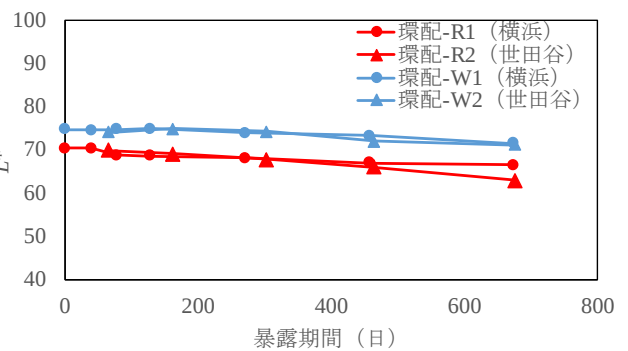


図-2 ベンチ座面の明度 (L^*) の変化

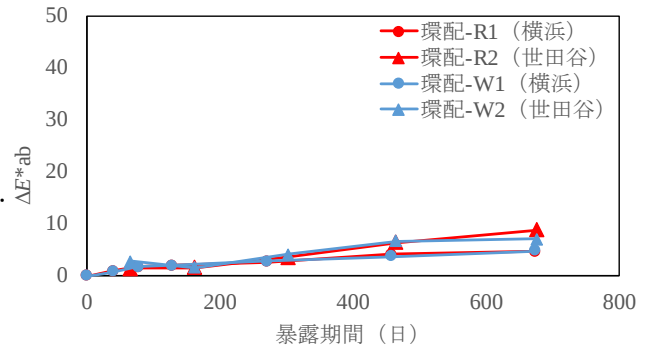
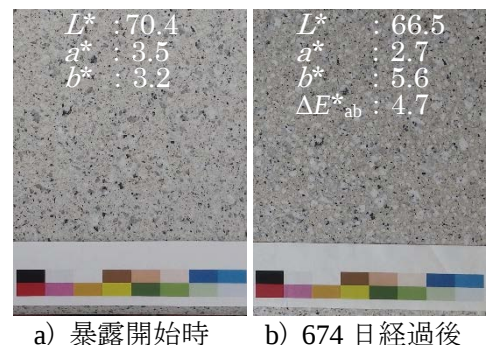


図-3 ベンチ座面の色差 (ΔE^*_{ab}) の変化



a) 暴露開始時 b) 674 日経過後

図-4 “環配-W1” の座面状況の変化

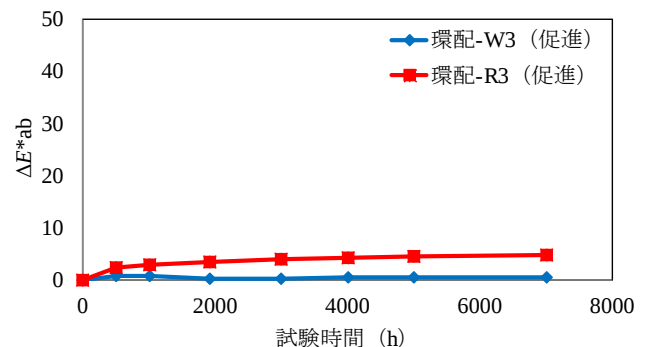


図-5 促進試験における色差 (ΔE^*_{ab}) の変化

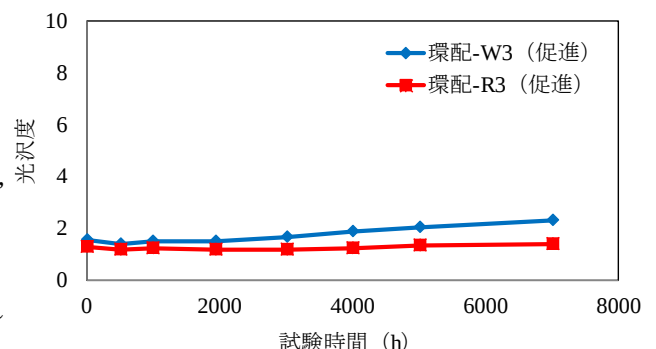


図-6 促進試験における光沢度の変化