

# V-202 カラーコンクリートの凍結融解耐性

住友セメント株式会社 正会員 ○尾座本幸男  
 同上 枝松 良展  
 運輸省港湾技術研究所 正会員 福手 勤  
 運輸省第三港湾建設局 正会員 山本 邦夫

## 1. はじめに

近年、コンクリートに対する評価が強度や耐久性を確保するための構造材料としてだけでなく、景観材料としても求められるようになってきた。また、港湾コンクリート構造物においても周辺環境に調和した景観設計の在り方が求められている。そこで比較的容易に適用できる景観材料としてカラーコンクリートを取り上げ、海洋環境下での暴露試験を行い、その基礎性状、色彩特性について既に報告した<sup>1)</sup>。

しかし、寒冷地の港湾構造物を対象としたカラーコンクリートでは、凍害により景観材料としての機能が損なわれることも懸念されるため、本研究では、カラーコンクリートの凍結融解作用に対する抵抗性(以下凍結融解抵抗性と示す)について検討した。

## 2. 実験概要

### 2.1 使用材料および配合

顔料は表-1に示す4種類の無機顔料を用いた。セメントは濃色系の顔料には普通ポルトランドセメント(N)を、淡色系の顔料には白色ポルトランドセメント(W)を使用した。細骨材は富士川産川砂を、粗骨材には南巨摩産砕石(Gmax=20mm)を用いた。また、配合は水セメント比

表-1 顔料の種類

記号	B	Y	R	G
外観	黒色粉末	黄色粉末	赤色粉末	緑色粉末
組成	酸化鉄(Fe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> )	酸化鉄(FeOOH)	酸化鉄(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	酸化クロム(Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
粒形	球状	針状	球状	球状
主要粒径(μm)	0.2	0.1*0.6	0.17	0.3
吸油量(DBRg/100g)	21	52	26	11

60%、目標スランプ8cm、目標空気量4%とした。カラーコンクリートの配合およびフレッシュ性状を表-2に示す。

表-2 カラーコンクリートの配合およびフレッシュ性状

記号	顔料種別	W/C (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )						顔料 C×%	スランプ (cm)	空気量 (%)
			セメント		水	細骨材	粗骨材	AE剤			
			普通	白色							
BN	B	60	304	-	182	814	998	0.0578	4	7.0	3.8
YW2	Y		-	300	180	814	998	0.0600	2	8.0	3.8
YW	Y		-	320	192	790	971	0.0768	4	7.5	3.5
RW	R		-	304	182	811	992	0.0730	4	7.5	4.5
GW	G		-	304	182	811	992	0.0730	4	9.0	4.5
N	-		292	-	175	827	1013	0.0380	-	7.5	3.9
W	-		292	-	175	822	1011	0.0526	-	7.0	3.5

### 2.2 実験方法

#### (1) 凍結融解試験

JIS 原案A法(水中凍結融解試験方法)に従った。

#### (2) 気泡間隔係数測定

ASTM C457-71(リニアトラバース法)に準じた。

#### (3) 細孔径分布測定

水銀圧入式ポロシメーターを用いて測定した。

## 3. 結果および考察

### 3.1 耐久性指数

耐久性指数を図-1に示す。BN, RW, GWの耐久性指数は80以上であり、これらのカラーコンクリートは、凍結融解作用に対し十分な耐久性を有している。しかし、YWは、所定の空気量が連行されているにもかかわらず、耐久性指数は25と小さかった。これは、表-1に示すように他の顔料の粒子形状が球状であるのに対し、顔料Yのみが針状であるためコンクリート中の空隙構造が変化し、耐久性指数が小さくなったものと思われる。また、顔料Yの添加率を2%と少なくした場合についても検討したが、耐久性指数は顔料の添加量によらず小さかった。なお、供試体表面のモルタル部分が剥離するまでのサイクル数は顔料の種類(Nを

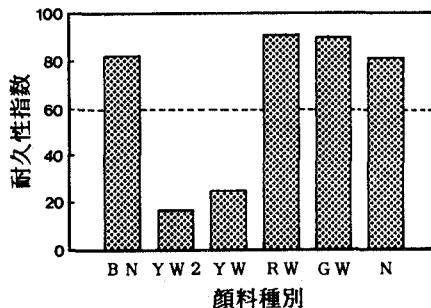


図-1 耐久性指数

耐久性指数は80以上であり、これらのカラーコンクリートは、凍結融解作用に対し十分な耐久性を有している。しかし、YWは、所定の空気量が連行されているにもかかわらず、耐久性指数は25と小さかった。これは、表-1に示すように他の顔料の粒子形状が球状であるのに対し、顔料Yのみが針状であるためコンクリート中の空隙構造が変化し、耐久性指数が小さくなったものと思われる。また、顔料Yの添加率を2%と少なくした場合についても検討したが、耐久性指数は顔料の添加量によらず小さかった。なお、供試体表面のモルタル部分が剥離するまでのサイクル数は顔料の種類(Nを

含む)によらず 120~150 サイクル程度であり、顔料の違いによる差は認められなかった。

所定の空気量を進行するためのAE剤量は、表-2に示すように顔料を添加することにより増加した。特にYWは、顔料の粒子形状により単位水量が増加し、それに伴いセメント量やAE剤量が他の顔料に比べ多くなっているにもかかわらず、RW, GWの空気量が目標空気量の上限值4.5%であるのに対しYWの空気量は3.5%と小さかった。しかし、YWの空気量に近いBNが十分な耐久性を得ていることより、この空気量の違いだけが原因でYWの耐久性が低下したとは考えられない。

### 3.2 気泡間隔係数

気泡間隔係数と耐久性指数の関係を図-2に示す。一般に、コンクリートの気泡間隔係数が小さいほど凍結融解抵抗性は大きくなる。本実験結果でもYWを除けば、気泡間隔係数と耐久性指数の関係に負の相関傾向は認められたが、その低下傾向は従来報告とされている<sup>2)</sup>ものほど顕著ではなかった。YWの気泡間隔係数はBN, Nに比べて小さいにもかかわらず、耐久性指数は低下しており、カラーコンクリートの凍結融解抵抗性を気泡間隔係数だけで評価することは難しいと考えられる。

なお、YWの耐久性指数が低くなった原因として、顔料の粒子形状により気泡および空隙の形そのものが変形作用を受けていることも考えられるが、本実験の範囲ではそうした形状に関する影響は検討できなかった。

### 3.3 細孔径分布

空隙径の小さい毛細管空隙の中には、凍結融解抵抗性の悪化に関与する  $10^3 \text{ \AA} \sim 10^4 \text{ \AA}$  の空隙(範囲1)、および凍結融解による組織劣化を軽減する  $10^5 \text{ \AA} \sim 9 \times 10^5 \text{ \AA}$  (範囲2)、 $60 \text{ \AA} \sim 200 \text{ \AA}$  (範囲3)の空隙があることが知られている<sup>3)</sup>。範囲1~3における空隙量の比較を図-3に示す。YWは、凍結融解抵抗性を低下させる範囲1の空隙量が最も多く、またそれを向上させる範囲2の空隙量が少なくなっており、これがYWの耐久性指数が低くなった原因の1つと考えられる。一方範囲3では耐久性指数に対する顕著な傾向は認められなかった。従って、カラーコンクリートの顔料を選定する場合、毛細管空隙に悪影響を及ぼさないような粒子形状の顔料を選定することが重要と考えられる。

### 4. まとめ

カラーコンクリートの凍結融解特性をコンクリートの空隙構造から検討し、以下の結果を得た。

- (1) 球状粒形の顔料を用いたカラーコンクリートは、凍結融解作用に対して十分な耐久性を有しているが、針状粒形の顔料を用いた場合は耐久性が低下する傾向を示す。
- (2) 所定の空気量を進行するためのAE剤量は、顔料を添加することにより増加する。特に針状粒形の顔料は球状粒形のものに比べて単位水量が増し、空気連行性が低下する。
- (3) カラーコンクリートの耐久性指数は、毛細管空隙内の空隙量分布において  $10^3 \text{ \AA} \sim 10^4 \text{ \AA}$  の空隙が多く  $10^5 \text{ \AA} \sim 9 \times 10^5 \text{ \AA}$  の空隙が少なくなる場合に低下する。

### 参考文献

- 1) 福手他：カラーコンクリートの港湾構造物への適用に関する基礎試験，海洋開発論文集，Vol.6,1990年
- 2) 後藤他監訳：ネピルのコンクリートの特性，技報堂，p.350
- 3) 内川：組成と構造の観点から見た硬化セメントペースト、モルタルおよびコンクリートの類似点と相違点セメントコンクリートNo.507,1989年

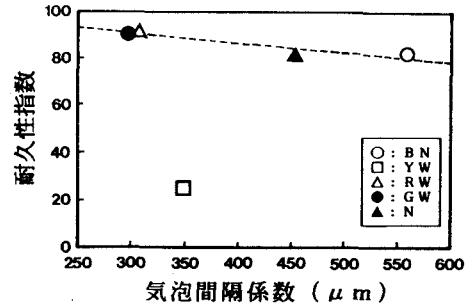


図-2 気泡間隔係数と耐久性指数

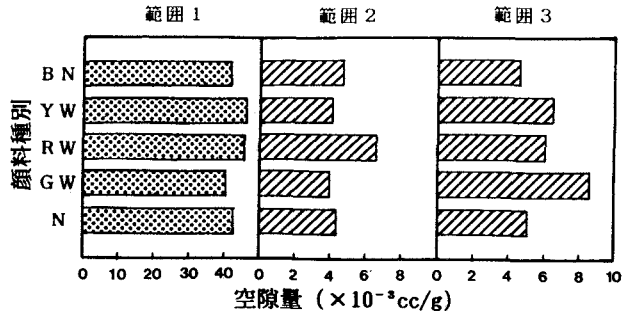


図-3 空隙量分布