

V-312

高炉スラグ微粉末を混入した水中不分離性コンクリートの塩分浸透性について

（株）間組技術研究所 正会員 福留和人  
 （株）間組技術研究所 正会員 谷口裕史  
 （株）間組技術研究所 正会員 喜多達夫

1. まえがき

水中不分離性コンクリートは、水質を汚濁することなく品質の高い水中コンクリートの施工が可能であり、近年その施工実績は増大している。しかしながら、乾燥収縮がやや大きくかつ耐凍害性に劣る欠点を有しているためその適用は常時水中にある構造物に限定されている。

著者らは、気中部分までの連続打設の可能性を検討するために、耐凍結融解性について検討し、高炉スラグ微粉末を混入することにより改善できることを報告した<sup>1)</sup>。今回、さらにRC構造物への適用性を検討するために、塩分浸透に対する抵抗性について調査したのでその結果を報告する。

2. 実験概要

表-1 高炉スラグ微粉末の物理的性質および化学成分

種類	比重	比表面積 cm <sup>2</sup> /g	強熱減量 (%)	塩基度	化学成分(%)				
					CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	MgO
S5	2.91	4850	0.19	1.97	41.9	32.1	15.4	2.8	6.2
S7	2.91	6810	0.35	2.02	42.4	31.1	14.5	4.5	5.9

1) 使用材料：細骨材および粗骨材は、川砂（比重：2.60，吸水率：1.56%）および砕石（比重：2.70，吸水率：0.75%，G<sub>max</sub>：20mm）を用いた。セメントは、普通ポルトランドセメント（比重：3.16）および高炉セメントB種（比重：3.04）を用いた。高炉スラグ微粉末は、比表面積の異なる2種類（表-1）を用いた。混和剤は、A E減水剤（リグニンスルホン酸ポリオール複合体）、水中不分離性混和剤（セルロース系）および高性能減水剤（高縮合トリアジン系化合物）を用いた。

2) 配合条件：コンクリートの種類、セメントの種類および高炉スラグ微粉末の種類・置換率を実験要因に選定し、表-2に示す配合条件で試験を実施した。

3) 塩水浸せき乾燥繰返し試験：1サイクルは、塩水（3%NaCl溶液）への浸せき8時間、乾燥16時間とした。試験温度は、30℃とした。試験は材令28日（20℃水中養生）から開始し、試験期間は13週とした。供試体は1辺10cmの立方体とし、相対する2面（型枠の側面）以外はエポキシ系塗料で塗装した。

4) 塩分量測定：塩水浸せき乾燥試験終了後供試体を切断し、断面中央（直径6cm）から塩分測定用試料を採取した。塩分測定は、JCI規準案（硬化コンクリート中の全塩分の測定方法）に準じて行った。なお、塩素イオンの定量は、銀電極を用いた電量滴定法によった。

5) 細孔径分布測定：試験開始時に水銀圧入式ポロシメータにより細孔径分布の測定を行った。

3. 実験結果および考察

3.1 塩素イオン浸透量

図-1および2に表面からの深さと塩素イオン濃度の関係を示す。また、塩分イオンの拡散は、Fickの第2法則に従うとして塩素イオン濃度分布から最小2乗法を用いて表面の塩素イオン濃度(C<sub>0</sub>)および塩素イオンの見かけの拡散係数

表-2 配合条件

配合名	コンクリート種類	セメント種類	スラグ		水結材比 W/(C+Sg) (%)	細骨材率 s/a (%)	スラブ(70-) の範囲 (cm)	空気量 の範囲 (%)
			批評積 cm <sup>2</sup> /g	置換率 %				
NAN	普通	普通	—	—	5.5	4.5	15±2.5	5±1
NAK		高炉	—	—				
NANS750		普通	7000	50				
OAK	水中不分離性	普通	—	—	5.5	4.0	50±2.5	5±1
OANS530		普通	—	—				
OANS550	水中不分離性	普通	—	30	5.5	4.0	50±2.5	5±1
OANS570			—	50				
OANS730			—	30				
OANS750	水中不分離性	普通	7000	50	5.5	4.0	50±2.5	5±1
OANS750			—	—				

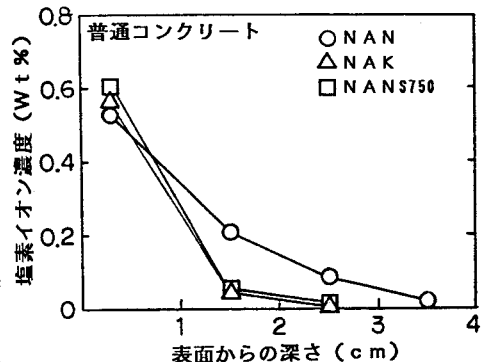


図-1 塩素イオン濃度測定結果

(Dc)を算定した。算定結果を表-3に示す。

水中不分離性コンクリートの拡散係数は、普通セメントの場合では、普通コンクリートより若干小さい値である。その他の条件では、ほぼ同等の値を示している。また、表面の塩素イオン濃度も、ほぼ同様の値となっている。これから、水中不分離性コンクリートの塩素イオンの浸透に対する抵抗性は、普通コンクリートと同等であると言える<sup>2)</sup>。

普通セメントと高炉セメントを比較すると、高炉セメントの方が表面の塩分濃度はやや高くなっているが、拡散係数は、大幅に低減されている。また、高炉スラグ微粉末を置換した場合も普通セメント単味の場合より表面の塩素イオン濃度は高くなっているが、拡散係数は、低下している。これらの結果は、既往の研究<sup>3)</sup>とほぼ同様の傾向であり、高炉スラグの使用は、塩素イオンの浸透に対する抵抗性を改善する上で有効であることが確認できた。

高炉スラグ微粉末の比表面積の影響は、図-3に示すようにほとんど見られず、高炉スラグ微粉末の置換率が支配的となっている。また、高炉セメントの場合と高炉スラグ微粉末50%置換の場合で表面の塩分濃度および拡散係数とも同様の値となっている。これから、塩素イオンの浸透性を改善する上では、高炉スラグの比表面積を高くしてもほとんど効果はないと言える。

### 3. 2 細孔径分布と塩分浸透の関係

図-4に細孔径 $10^2 \text{ \AA}$ 以上の細孔量と拡散係数の関係を示す。

図からわかるように細孔径 $10^2 \text{ \AA}$ 以上の細孔量が小さくなるほど拡散係数が低減する傾向がみられる。これから、高炉セメントの使用および高炉スラグ微粉末の置換によって塩素イオン浸透に対する抵抗性が改善される理由の一つは、組織が緻密化することにあると考えられる。

### 4. まとめ

本研究の結果をまとめると以下ようになる。

- ①水中不分離性コンクリートの塩素イオンの浸透に対する抵抗性は、普通コンクリートと同等である。
- ②高炉スラグ微粉末の置換によって塩素イオンの浸透に対する抵抗性を改善できる。
- ③高炉スラグ微粉末の比表面積が塩素イオンの浸透に及ぼす影響は小さく、置換率が支配的である。

#### 【参考文献】

- 1) 福留他: JCI年次論文報告集、第12巻、第1号、1990、pp.685~690
- 2) 本橋他: 水中不分離性コンクリートに関するシンポジウム論文集、1990、pp.153~160
- 3) 鳥居他: セメントコンクリート論文集、No44、1990、pp.506~511

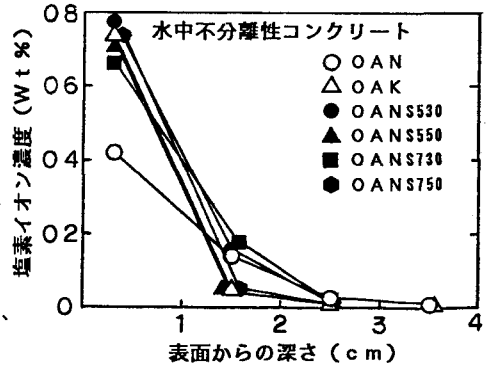


図-2 塩素イオン濃度測定結果

表-3 算定結果一覧

配合名	表面の塩素イオン濃度 $C_0$ (wt %)	拡散係数 $D_c \times 10^{-2}$ ( $\text{cm}^2/\text{d}$ )
NAN	0.61	1.47
NAK	0.80	0.33
NANS750	0.86	0.34
OAN	0.56	0.94
OAK	1.07	0.31
OANS530	1.00	0.61
OANS550	1.03	0.31
OANS730	0.84	0.73
OANS750	1.02	0.39

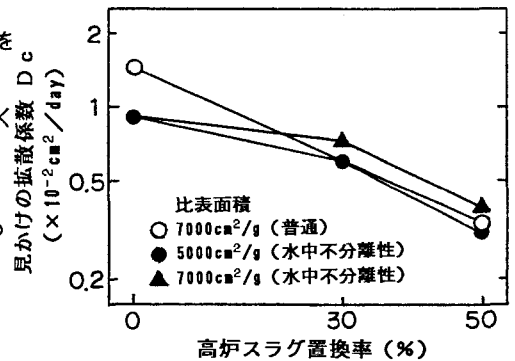


図-3 高炉スラグ置換率と拡散係数の関係

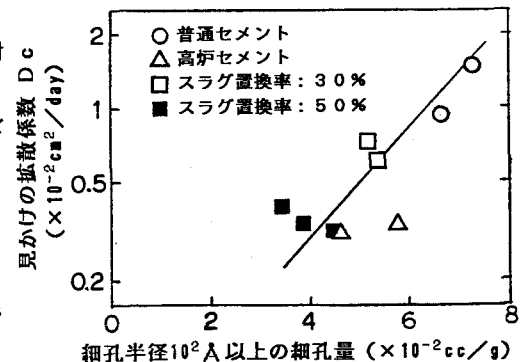


図-4 細孔径 $10^2 \text{ \AA}$ 以上の細孔量と拡散係数の関係