

## ヴェトナムで製造されたコンクリートの塩化物イオン拡散性状

独立行政法人港湾空港技術研究所 正会員 ○審良 善和

独立行政法人港湾空港技術研究所 正会員 山路 徹

Vietnam Institute for Building Sciences and Technology (IBST) Nguyen Nam Thang

Vietnam Institute for Building Sciences and Technology (IBST) Tran Nam

### 1. はじめに

港湾コンクリート構造物は、塩害が大きな問題となる。当然ではあるが、我が国だけでなくアジア諸国においても塩害劣化は顕在化している。写真-1には、供用15年のヴェトナムの港湾構造物の劣化状況を示している。このように、非常に早期に劣化が顕在化し、かぶりコンクリートが剥落、劣化度Vと判断される構造物も少なくないと考えられる。これは、コンクリート品質が低いことに加え、維持管理技術が確立されていないことなどによると考えられる。このような中、ヴェトナムでは、混和材として、フライアッシュ（以下FAと称す）やもみ殻灰（以下RHAと称す）を用いた緻密なコンクリートの開発を行っている。そこで、実際にヴェトナムでコンクリート供試体を作製し調査することで、ヴェトナムのコンクリートの現状とこれら混和材を用いたコンクリートの塩化物イオンの浸透抑制効果について検討を行った。



写真-1 塩害の状況（供用15年、Vung Tau port（ヴェトナム））

### 2. 実験供試体

供試体の配合を表-1に示す。使用材料としては、全てヴェトナム産の材料を用いた。セメントとして普通ポルトランドセメント（密度 $3.1\text{g/cm}^3$ 、ブレン値 $3410\text{g/cm}^2$ ）、細骨材としてSong Lo産川砂（見かけ密度 $2.58\text{g/cm}^3$ 、粗粒率2.4）、粗骨材としてKien Khe産砕石（ $G_{\max}20\text{mm}$ 、見かけ密度 $2.67\text{g/cm}^3$ ）を用いた。No.5を除く供試体は、現在ヴェトナムの港湾構造物に使用されている基本的な配合として作製した。なお、供試体No.2については、ヴェトナムの生コン工場に依頼し作製した供試体で、その他の配合は、研究所（IBST）内で作製された。なお、FAおよびRHAの置換率は、10%とした。供試体の形状としては、 $15\times 15\times 15\text{cm}$ 立方供試体（圧縮強度試験用）と $\phi 10\times 20\text{cm}$ 円柱供試体（塩化物イオン拡散係数試験用）の2種類を作製した。なお、供試体は、脱型後、温度 $27\pm 2^\circ\text{C}$ 、湿度95~100%室内において28日まで養生した。表-2に今回使用した各混和材の組成を写真と併せて示す。FAおよびRHAともに、ポゾランである。ただし、RHAは、90%以上がシリカ分、アルミナ分が殆どない材料である。

表-1 コンクリートの配合

No.	W/B	s/a	単位量( $\text{kg/m}^3$ )					
			W	C	FA	RHA	S	G
1	0.6	0.38	200	333			675	1150
2	0.6	0.38	200	333			675	1150
3	0.6	0.38	200	300	33		675	1150
4	0.6	0.38	200	300		33	675	1150
5	0.45	0.36	200	445			610	1120

表-2 各混和材の組成

	単位	FA	RHA
CaO	%	0.35	1.05
SiO <sub>2</sub>	%	55.9	93.13
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	25.05	1.16
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	5.15	0.4
SO <sub>3</sub>	%	0.52	0.4
MgO	%	0.75	1.01
R <sub>2</sub> O	%	0.24	1.46
ig Loss	%	5.27	1.54
ブレン値	$\text{g/cm}^2$	4105	4718



キーワード ヴェトナム、塩化物イオン、実効拡散係数、もみ殻灰、フライアッシュ

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1 (独) 港湾空港技術研究所地盤・構造部材料研究室 TEL 046-844-5061

### 3. 結果および考察

図-1 にスランプ試験の結果について示す。工場内で作製された供試体は、スランプが 12cm と大きくなった。これは、供試体作製時、表面水率補正を行わず施工したためと考えられる。このことは、コンクリートの品質管理上、大きな影響を及ぼすため、その実態を正しく把握する必要がある。その他 IBST 内で製作された供試体については、±1cm 程度とあまり大きな差はなかった。

図-2 に圧縮強度試験結果を示す。W/B0.6 の供試体 (No.1~4) については、FA および RHA を混和したコンクリートの強度が 1 割程度低下しているものの、急激な低下は認められなかった。これは、既往の結果<sup>1)</sup> とほぼ同様であると考えられる。

図-3 に各供試体の塩化物イオンの実効拡散係数について示す。なお、本試験は、電気泳動によるコンクリート中の塩化物イオンの実効拡散係数試験方法（案）(JSCE-G571-2003) に準拠し実施した。この結果、工場内で作製された No.2 供試体は、No.1 供試体に比べ実効拡散係数が 1 割程度大きくなっていることが分かる。このようなコンクリート製造上の品質低下が、劣化を早めている可能性がある。しかしながら、No.3 (FA 混和) および No.4 (RHA 混和) 供試体の塩化物イオンの実効拡散係数は、No.1 供試体に比べ明らかに小さくなった。また、その低下率は、混和材の種類に関わらず、25% 程度と一定で、No.5 (W/B0.45) 供試体の実効拡散係数とほぼ変わらない結果となった。混和材の利用について、日本では、塩分浸透性を低減させる手段として高炉セメントを用いるのが一般的であると考えられるが、高炉セメントが普及していない東南アジア諸国においては、FA や RHA といったボズラン材料を利用することで、港湾コンクリート構造物の耐久性向上が計られると考えられる。このことは、資源の有効利用や経済的な観点からも有効であると考えられる。

図-4 に W/B と実効拡散係数の関係について示す。なお、図中には、既往の研究結果<sup>2)</sup> のデータを併せて記した。この結果、ヴェトナムで製造されたコンクリートの実効拡散係数は、これらの値と同程度であり、大きな差は見られなかった。

### 4. まとめ

ヴェトナムで製造されたコンクリートの塩分浸透性について検討を行った結果、FA や RHA を混和材として使用することで塩分浸透性が低減されることが確認できた。このことは、石炭使用量や穀物生産量は多いが、高炉セメントが普及していない東南アジア諸国においては、資源の有効利用や経済的な観点からも有効な手段であると考えられる。

### 参考文献

- 1) 和田一朗他：高活性もみ殻灰の混和がコンクリートの強度特性に及ぼす影響，JCI 年次論文集，Vol21，No.2，pp.175-180，1999
- 2) 土木学会：コンクリートの塩化物イオン拡散係数試験方法の制定と基準化が望まれる試験方法の動向，土木学会，pp.33，2003.9

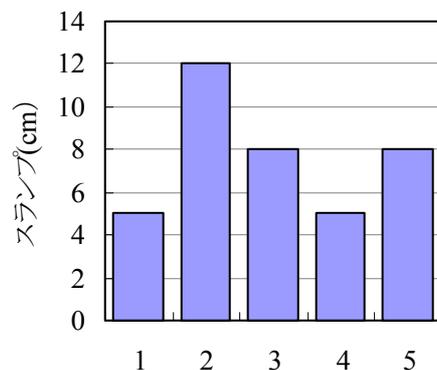


図-1 スランプ試験結果

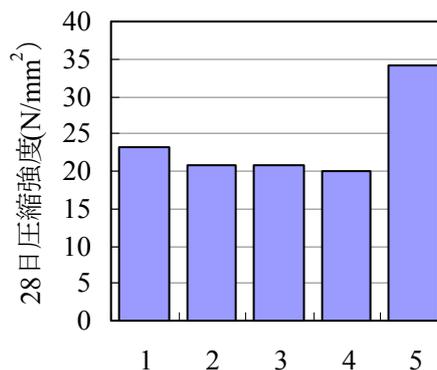


図-2 圧縮強度試験結果

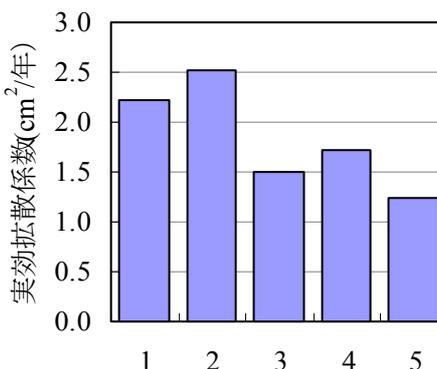


図-3 塩化物イオンの実効拡散係数

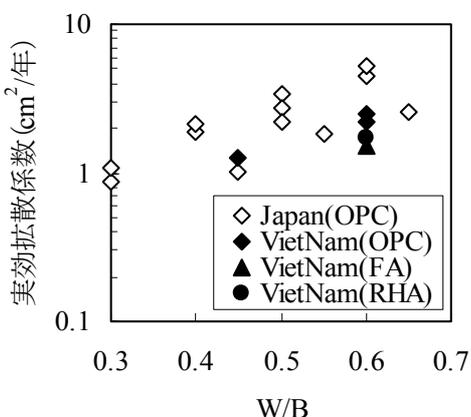


図-4 W/B と実効拡散係数の関係<sup>2)</sup>