

# 秋田県沿岸部に 10 年間曝露したコンクリート供試体の塩分浸透について

秋田大学 学生員 ○小塚 純一 秋田大学 正会員 徳重 英信  
 秋田大学 フェロー 川上 洵 ショーボンド建設(株) 正会員 木村 哲士

## 1. はじめに

秋田県由利本荘市の岩城アイランドブリッジは沖合の島式漁港と既設護岸を結ぶ連絡橋である。冬季には北西からの季節風と波しぶきをうける環境下にある海上橋であり、橋脚上でコンクリート供試体の曝露試験を 1998 年より 20 年の計画で継続している。本研究は 10 年目までの曝露供試体の塩分浸透や圧縮強度、動弾性係数の経年変化について明らかにすることを目的としている。

## 2. 実験概要

### 2.1 曝露試験地概要

曝露試験地概略図を図-1 に、曝露試験地における 1 年目と 9 年目の日平均飛来塩分量を図-2 に示す。日平均飛来塩分量は冬季の飛来塩分量が夏季に比べ、約 10 倍大きな値を示している。これは冬季の北西からの季節風の影響を大きく受けているためである。<sup>1)</sup>

### 2.2 曝露供試体

曝露供試体 MC は実橋と同様の材料および配合を用いたモニタリング供試体で寸法は 100×100×200mm である。供試体 MC の配合を表-1 に示す。また表-2 に示す 4 種類の高強度コンクリート供試体も設置している。供試体はプレキャスト用高強度コンクリート(HC)、もみ殻灰 10%混和 high 強度コンクリート(RMC-10)、高活性もみ殻灰 5%混和 high 強度コンクリート(RHC-5)およびシリカフェーム 10%混和 high 強度コンクリート(SC-10)である。また供試体寸法は  $\phi 75 \times 150 \text{mm}$  である。全ての供試体は 1 面からのみ塩分浸透させるため側面と底面に実橋と同じ柔軟型硬膜エポキシ塗装を施している。

### 2.3 測定項目と方法

測定項目は、圧縮強度、動弾性係数および塩化物イオン量である。圧縮強度試験は JIS A 1108、動弾性係数の測定は JIS A 1127、また塩化物イオン量の測定は JCI-SC-4 に準じて実施している。

## 3. 実験結果

### 3.1 物性試験結果

高強度コンクリートの相対動弾性係数の結果を図-3 に、全供試体の圧縮強度試験の結果を図-4 に示す。相対動弾性係数は全供試体で若干の増加傾向を示した。この要因としては、水和反応によるコンクリートの緻密化が進行していると考えられ、また凍結融解等による劣化は認められない。高強度コンクリートの圧縮強度試験結果については、試験年によって若干の変動が見られるが大きな低下や増加は認められない。一方、モニタリング供試体の圧縮強度は若干の増加傾向が見られた。以上より曝露供試体の物性の低下は認められないことが明らかとなった。

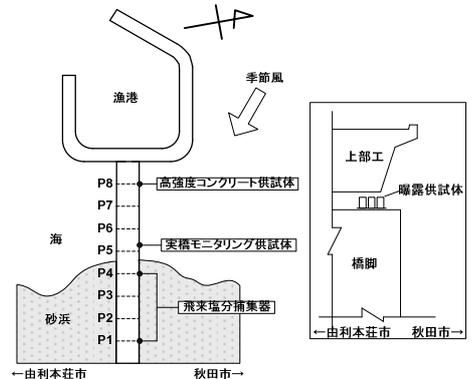


図-1 曝露試験地概略図

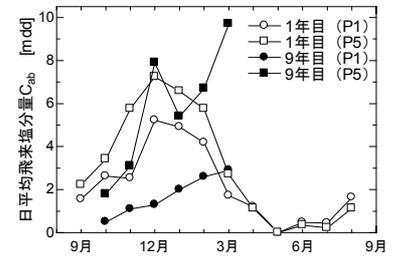


図-2 日平均飛来塩分量

表-1 モニタリング供試体の配合

供試体名	粗骨材の最大寸法 (mm)	W/C (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				SP (kg/m <sup>3</sup> )	スランプ (cm)	空気量 (%)
			W	C	S	G			
MC	20	41.0	166	403	486	1216	40.3	8.0	4.5

表-2 高強度コンクリート供試体の配合

供試体名	粗骨材の最大寸法 (mm)	W/B* (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )						SP (kg/m <sup>3</sup> )	AE (kg/m <sup>3</sup> )	スランプ (cm)	空気量 (%)
			W	C	RHA or SF	S	G					
HC	20	30.0	153	510	0	734	1040	0.92	0.04	19.0	3.9	
RMC-10			149	448	50			1.67	0.13	23.0	5.5	
RHC-5			151	478	25			1.23	0.10	16.0	4.8	
SC-10			150	449	50			0.98	0.05	20.0	4.6	

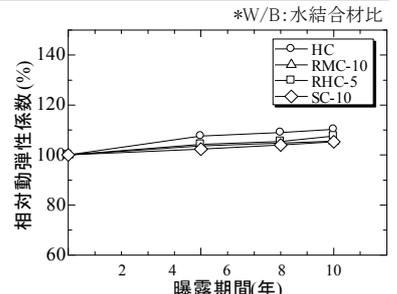


図-3 相対動弾性係数

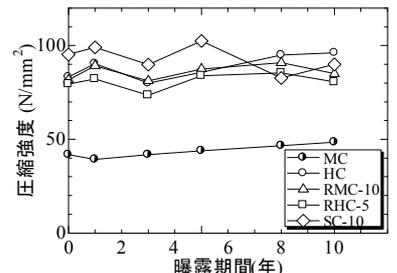


図-4 圧縮強度

### 3.2 塩化物イオン量測定結果

曝露 10 年目での塩化物イオン量の測定結果を図-5 に示す。モニタリング供試体 (MC)の塩化物イオン量は、コンクリート表面から 10mm の位置で曝露 8 年目の結果<sup>1)</sup>に比べ約 1.5 倍の値を示した。これは 8 年目までの緩やかな増加傾向とは違っており、今後の継続した調査が必要であると考ええる。高強度コンクリート供試体については、RMC-10 以外の供試体でコンクリート表面から 5mm の位置での塩化物イオン量が、曝露 8 年目<sup>1)</sup>に対し曝露 10 年目の値が若干低下した。これにはコンクリート表面付近での中性化や細孔内の塩分の固定の影響を受けたのではないかと考えられる。

### 3.3 みかけの付着塩分量とみかけの拡散係数の推定

曝露 10 年目の塩化物イオン量実測値について、Fick の第二法則の解を用いて最小二乗近似を行い、みかけの付着塩分量  $C_0$  とみかけの拡散係数  $D$  を推定した。この結果を図-6 および図-7 に示す。高強度コンクリートのみかけの付着塩分量は緩やかに増加しているが、コンクリート表面で降雨などによる洗い流しが生じること、および拡散係数の低下を考慮すると、 $C_0$  は今後  $15\text{kg/m}^3$  程度に収束していくと予想される。一方、モニタリング供試体 (MC) については、曝露 10 年目における付着塩分量は  $25.7\text{kg/m}^3$  を示した。拡散係数は全供試体で今後  $10\text{mm}^2/\text{年}$  前後に収束していく傾向が見られるが、各年毎のばらつきが大きいので継続した調査が必要であると考ええる。

### 3.4 発錆限界年の予測

前節で推定を行ったみかけの付着塩分量  $C_0$  と拡散係数  $D$  をもとに、今後の塩化物イオン量の予測を行い、実橋のかぶり厚は  $70\text{mm}$  であるので、全供試体のかぶり厚  $70\text{mm}$  における塩化物イオン量を算定した結果を図-8 に示す。ここで前節の結果より高強度コンクリートの付着塩分量  $C_0$  を  $15\text{kg/m}^3$ 、モニタリング用供試体の付着塩分量  $C_0$  を 10 年目の値である  $25.7\text{kg/m}^3$  とし、拡散係数  $D$  は各供試体 10 年目での推定結果 (MC:  $13.2\text{mm}^2/\text{年}$ 、HC:  $21.1\text{mm}^2/\text{年}$ 、RMC-10:  $5.3\text{mm}^2/\text{年}$ 、RHC-5:  $12.5\text{mm}^2/\text{年}$ 、SC-10:  $14.8\text{mm}^2/\text{年}$ ) を用いた。

供試体 MC では、かぶり位置での塩化物イオン量が  $1.2\text{kg/m}^3$  に達するのは約 60 年目と推定される。同様に高強度コンクリートについては、供試体 HC では約

40 年目、供試体 RMC-10 では約 150 年目、供試体 RHC-5 では約 60 年目、供試体 SC-10 では約 55 年目で発錆限界塩化物イオン量に達すると推定された。以上の結果から、本研究の範囲ではもみ殻を 10% 混和した供試体 RMC-10 が最も高い塩化物イオン浸透抑制能力を示すことが明らかになった。しかし前述のとおり各供試体の拡散係数は各年毎にばらつきがあるので、継続した調査が必要であると考ええる。

## 4. まとめ

秋田県沿岸部に 10 年間曝露したコンクリート供試体について得られた結果をまとめると以下のとおりとなる。

- (1) 曝露供試体の圧縮強度や動弾性係数には大きな変化はみられず、各供試体の劣化は認められない。
- (2) 高強度コンクリート供試体のみかけの付着塩分量と拡散係数は、それぞれ  $15\text{kg/m}^3$ 、 $10\text{mm}^2/\text{年}$  前後に今後収束することが考えられる。一方、モニタリング供試体のみかけの拡散係数は  $10\text{mm}^2/\text{年}$  前後に今後収束すると考えられる。しかし、これらの値については曝露 8 年目までと異なった傾向を示し、今後の継続した調査が必要である。
- (3) もみ殻灰 10% 混和高強度コンクリート供試体が最も高い塩化物イオン浸透抑制能力を示すことが明らかとなった。

### 【参考文献】

- 1) 石山蓉子ほか(2008):「秋田県沿岸部の飛来塩分とコンクリート供試体の塩分浸透に及ぼす気象条件の影響」, 土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集, V-13, CD-ROM.

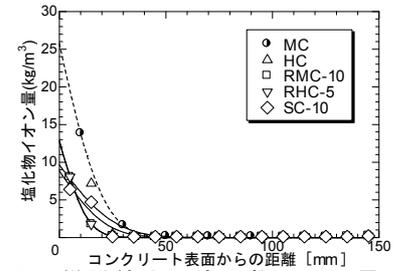


図-5 供試体中の塩化物イオン量

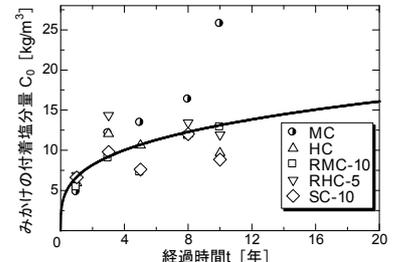


図-6 みかけの付着塩分量の推定

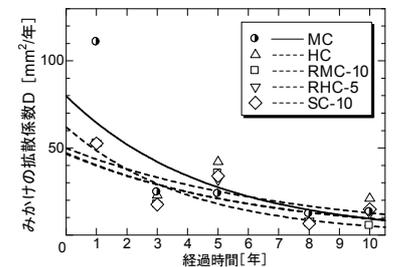


図-7 みかけの拡散係数の推定

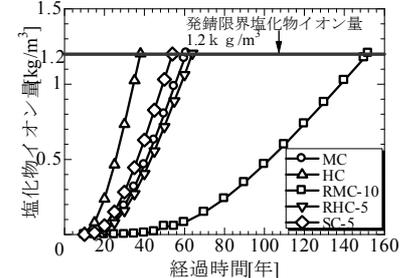


図-8 かぶり 70mm での塩分浸透予測