

39 年間供用したエネルギー施設内鉄筋コンクリート放水路の調査

九州大学 学生会員 ○有馬 潤太 九州電力 正会員 春口 雅寛 非会員 山田 裕之
九州大学大学院 学生会員 木下 智之 フェロー会員 濱田 秀則 正会員 山本 大介

1. はじめに

沿岸地域に位置し海水を利用するエネルギー施設において、コンクリート構造物の塩害に対する維持管理が必要となっている。本研究では供用後 39 年を経た放水路のコンクリートの塩分浸透性をはじめとした諸特性を調査し、今後の維持管理手法について考察することを目的としている。

2. 調査概要

2.1 調査地およびコア供試体の採取位置

九州北部に位置するエネルギー施設内の海水放水路のコンクリート部を調査した。対象構造物の概要を図-1 に示す。調査及びコア採取を行った箇所は、壁面の H, M, L の位置と、梁側面の水流に対する上流面と下流面である。図-1 に示すように通常の運転水位は M と梁の高さ近傍であり、H は通常運転水位より高く直接海水が触れることが少なく、L は常時水中にあり直接空気に触れることはない位置である。

2.2 調査方法

(1)外観観察：コンクリート表面の目視観察を行い、コンクリート標準示方書[維持管理編]¹⁾に従い、塩害劣化度の判定を行った。

(2)圧縮強度試験：φ50mm のコアを採取し、100mm の長さのコア供試体になるように成形した。圧縮強度試験は JIS A1107「コンクリートの圧縮強度試験方法」を参考に行った。なお、今回は 4 本の試験体の平均値を圧縮強度とした。

(3)塩化物イオンの見掛けの拡散係数試験：JSCE-G 573-2003「実構造物におけるコンクリート中の全塩化物イオン分布の測定方法」に従い、コンクリート中の塩化物イオン濃度分布を測定し、見掛けの拡散係数を算出した。

(4)自然電位：銀・塩化銀電極を用いてコンクリート内部鉄筋の自然電位を測定した。なお測定前には 30 分間測定面を十分に湿らせ、吸水させた。また得られた値は飽和硫酸銅電極の値に換算した。

(5)分極抵抗および腐食速度：携帯型鉄筋診断器を用いて、コンクリート抵抗、分極抵抗を測定し、腐食電流密度および腐食速度を求めた。

3. 調査結果および考察

3.1 外観観察結果

壁面については、H, M, L いずれにおいてもひび割れ等は確認されず、潜伏期もしくは進展期と判断された。梁については写真-1 に示すように腐食ひび割れ、錆汁が見られたため、加速期前期に入っていると判断された。

3.2 圧縮強度試験結果

表-1 に示すように、圧縮強度および静弾性係数は H, M については同程度であったのに対して、L の値はそれよりも大きかった。いずれの圧縮強度も設計基準強度 21N/mm² 以上を満たしていた。

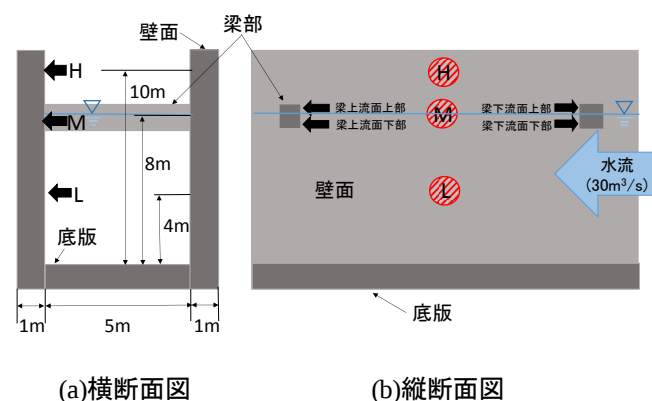


図-1 調査構造物概要図（放水路）



写真-1 放水路の梁部の写真

表-1 圧縮強度試験結果

	H	M	L
圧縮強度(N/mm ²)	27.7	25.6	36.9
静弾性係数(kN/mm ²)	23.6	22.7	29.5
単位容積質量(g/cm ³)	2.29	2.27	2.30

表-3 自然電位・分極抵抗・腐食速度の測定結果

	かぶり (cm)	自然電位 (mV,CSE)	コンクリート 抵抗(k Ω)	分極抵抗 (k $\Omega \cdot \text{cm}^2$)	腐食電流密度 ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	腐食速度 ($\times 10^{-3} \text{ mm/year}$)
H	10	-87.5	8.20	1010	0.0336	0.361
M	12	-239.7	4.53	770	0.0351	0.408
L	16	-429.0	2.12	348	0.0896	1.040
梁上流面	6.5	-105.9	4.51	578	0.0453	0.527
梁下流面	6.5	-217.6	2.07	207	0.1300	1.510

3.3 塩化物イオン濃度分布および見掛けの拡散係数

塩化物イオン濃度分布の測定結果を図-2に、見掛けの拡散係数の値を表-2に示す。表-2より、壁面における高さが低いほど見掛けの拡散係数の値は大きくなり、梁については下流面より上流面の見掛けの拡散係数の方が大きかった。同程度の高さであった壁面Mと梁とを比べると、梁の見掛けの拡散係数が大きかった。よって壁面よりも梁が塩化物イオンの浸透がより進行していると言える。また図-2より、壁面のかぶり位置(10~16cm)の腐食発生限界塩化物イオン濃度 $1.2\text{kg}/\text{m}^3$ を超えていないため、劣化度はいずれも潜伏期であると判断された。

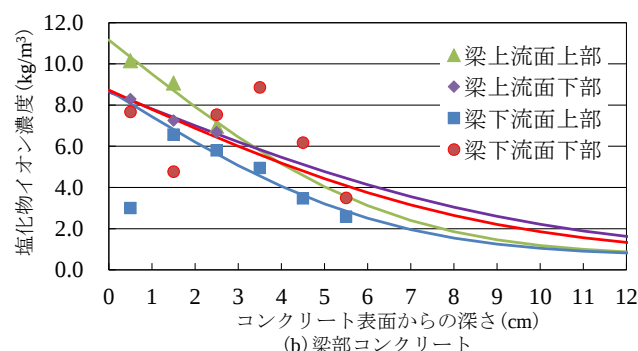
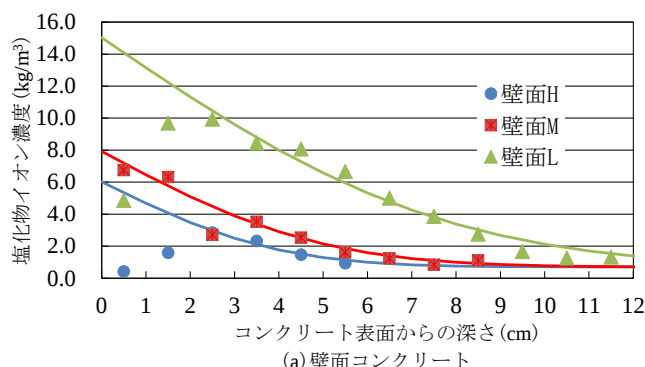


図-2 深さ方向の塩化物イオン濃度分布

表-2 表面塩化物イオン濃度と見掛けの拡散係数

	表面塩化物イオン 濃度 C_0 (kg/m^3)	見掛けの拡散係数 D_a (cm^2/year)
壁面H	6.01	0.125
壁面M	7.93	0.194
壁面L	15.03	0.472
梁上流面上部	11.16	0.503
梁上流面下部	8.64	0.749
梁下流面上部	8.72	0.314
梁下流面下部	8.72	0.599

3.4 自然電位

表-3に自然電位の結果を示す。壁面においては自然電位の測定箇所が低くなるにつれて値が小さくなっており、腐食傾向が大きくなると判定された。ASTM C876「Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete」によれば、Hでは90%以上の確率で腐食無しであるが、Mでは不確定、海水面下であるLでは90%以上の確率で腐食ありと判定された。また、梁については下流面の方が上流面より自然電位の値が小さく腐食傾向が大きいと考えられる。同規格では上流面が90%以上の確率で腐食無し、下流面が不確定という結果になった。

3.5 分極抵抗および腐食速度

表-3に分極抵抗および腐食速度の結果を示す。壁面においては測定箇所が低くなるにつれて腐食速度の値が大きくなった。これは自然電位の結果と同様の理由で、低くなる程海水に触れている時間が長くなることが原因であると考えられる。梁においては、下流面の方が腐食速度が大きいう結果になった。

4. まとめ

- (1) 鉄筋の腐食速度、塩化物イオン濃度の調査結果より、壁面は海水に触れる時間が長い程腐食傾向が大きくなり、見掛けの拡散係数の値も大きくなった。しかし、Lでは通常は酸素供給がないため、乾燥過程もあるM近傍が最も腐食環境が厳しいと考えられる。
- (2) 梁においては、今回の試験からは流れに対して上流面と下流面で塩分浸透と腐食速度に相関が見られず、腐食傾向に大きな差があるとはいえなかった。
- (3) 壁面と梁を比べると梁の方が鉄筋の腐食が進行していた。よって、壁面に関しては乾湿繰り返しがある箇所を、また壁面よりも梁を優先的に維持管理する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 土木学会：2013年制定コンクリート標準示方書[維持管理編], p.166, 2013