

### 40年経過した海上基礎の塩害調査と劣化予測に基づいた補修

清水建設(株)土木技術本部	正会員	○宮田 佳和
清水建設(株)名古屋支店	正会員	野村 朋宏
清水建設(株)土木技術本部	フェロー	前田 敏也

#### 1. はじめに

沿岸部等の塩害環境に建設されたコンクリート構造物では、定期的に点検や調査を行い、必要に応じて補修等の対策を適切に施すのが良い。本報は、1972年に建設された海上基礎に対して行った調査および調査結果を基に行った補修について示すものである。

#### 2. 構造物概要

対象とした構造物は、静岡県熱海市に建設された鉄筋コンクリート製のラーメン構造であり、ホテルの基礎として海上に位置している。このため、写真-1に示すように、波浪や飛沫の影響を受け、厳しい塩害環境下にある。また、1990年に塩害対策として表面被覆が施され2003年には塗直しを行って、塩害の進行を抑制している。



写真-1 構造物補修前状況

#### 3. 劣化調査

調査は全体の目視打音の他、構造物の置かれた環境ごとに詳細調査を行った。環境による区分は、海上にあり常に飛沫帯となるAゾーン、満潮時には飛沫帯となるBゾーン、Bゾーンより陸地側のCゾーンの3つに分類した。詳細調査は、図-1に円で示す位置で柱、梁、ハンチ、スラブに対し、1m<sup>2</sup>程度の範囲でのレーダー法による鉄筋のかぶり測定、レーダー法の測定範囲内の20cm四方程度の範囲でのはつりによる鉄筋のかぶり、腐食状況確認および中性化深さ測定、また、柱、梁に対し、φ50mm×100mmのコアを採取し深さ方向に20mmごとにスライスして塩化物イオン量の測定を行った。

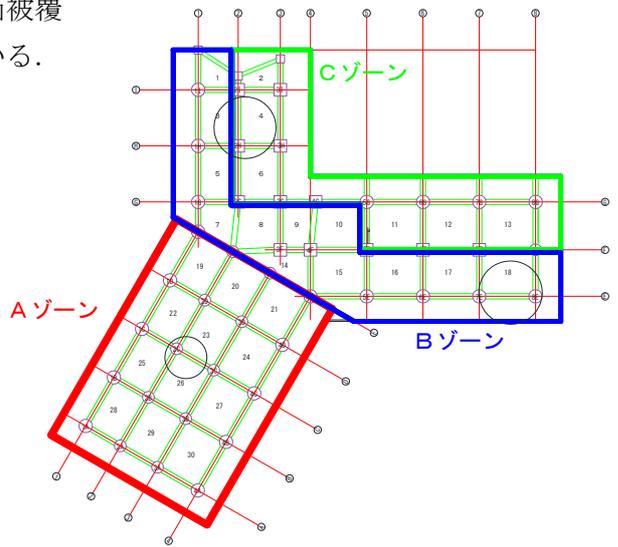


図-1 詳細調査位置平面図

目視打音調査の結果、錆汁を伴うひび割れや浮きが随所で見られ、特にAゾーンのスラブ、ハンチではほぼ全面で浮きが見られた。一方、レーダー法によるかぶりは部位ごとの平均で概ね5~9cm程度であり、はつった箇所での実測のかぶりとはほぼ一致した。鉄筋の腐食は、かぶりの小さい帯筋および配力筋ではほとんどの箇所でも断面欠損が見られ、元の鉄筋径の半分程度まで欠損している箇所もあったが、主筋については鉄筋全面の錆や若干の断面欠損が見られた程度であり、現時点では構造性能に問題はないと考えられる。鉄筋腐食の原因の一つとなる中性化深さは、ほとんどの箇所でも0mmであり、海の近くで湿度が高い環境であったことや、過去に行われた表面被覆の効果によるものと考えられる。これに対し、塩化物イオン量測定結果を図-2に示しているが、経年的な塩分浸透が確認できる。測定結果から表面塩化物イオン量および拡散係数を近似した結果を表-1に示す。表-1より、表面塩化物イオン量は、AゾーンとB,Cゾーンで値に差が出ており、これは曝された環境の違いによるものと考えられる。また、拡散係数は、基礎全体で同じ配合を使用していたため全ての部位で同じオーダーの範囲に収まっている。これらの結果から、劣化予測および補修の検討に用いる値としては、表-1に示す平均値を用いることとした。図-2には、表-1の平均値を用いた場合の調査時点での塩分浸

キーワード 塩害, 劣化予測, 補修, 炭素繊維, 海洋構造物

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋 2-16-1 清水建設(株)土木技術本部 TEL 03-3561-3915

表- 1 表面塩化物イオン量と拡散係数

調査位置	表面塩化物イオン量 (kg/m <sup>3</sup> )		拡散係数 (×10 <sup>-8</sup> cm <sup>2</sup> /s)	
	近似値	平均	近似値	平均
Aゾーン柱	20.5	23.0	0.824	1.26
Aゾーン梁	25.4		1.68	
Bゾーン柱	12.9		1.49	
Bゾーン梁	10.5		1.70	
Cゾーン柱	15.4		0.739	
Cゾーン梁	9.86		1.15	

表- 2 鉄筋断面積予測結果

ゾーン	竣工後年数	鉄筋断面積(cm <sup>2</sup> )					
		柱		梁		スラブ	
		主筋	帯筋	主筋	帯筋	主筋	配力筋
A	0年	131.74	1.27	25.34	1.27	6.34	1.27
	40年	131.40	1.27	25.26	1.19	4.85 <sup>※1</sup>	1.14 <sup>※1</sup>
	100年	126.63	1.26	23.96	0.89	1.97	0.77
	補強後 <sup>※2</sup> +100年	191.29	2.34	32.97	4.12	12.73	3.46
B	0年	286.98	1.27	35.47	1.27	6.34	1.27
	40年	285.39	1.12	35.47	1.26	6.32	1.23
	100年	268.03	0.73	35.32	1.22	6.05	1.05
	補強後 <sup>※2</sup> +100年	340.78	2.34	41.33	4.45	16.81	3.74
C	0年	70.66	1.27	35.47	1.27	6.34	1.27
	40年	70.48	1.26	35.46	1.19	6.21	1.25
	100年	66.98	1.24	35.01	1.02	5.42	1.15
	補強後 <sup>※2</sup> +100年	81.13	2.85	41.01	4.25	16.18	3.84

※1: 予測では現時点で2割程度の欠損だが、調査結果からは軽微な欠損であることがわかっている。  
 ※2: 炭素繊維シートによる補強量を鉄筋断面積に換算している。

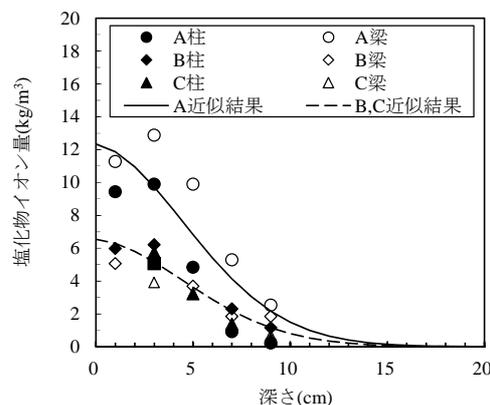


図- 2 塩化物イオン量の測定結果および近似結果



写真- 2 補修・補強後状況

透分布を計算した結果を示しているが、実測値と概ね一致している。

#### 4. 劣化予測および補修の検討

調査結果から、現状(竣工後40年)と供用目標年数(竣工後100年)時点での腐食による鉄筋の断面積の予測結果を表- 2に示す<sup>1)</sup>。現状では、各部位ともに鉄筋の断面減少は軽微であるが、100年後の予測では、柱、梁の帯筋およびスラブの主筋、配力筋ではかなりの断面減少が予測される箇所があり、供用に支障を来すと考えられたため、腐食が軽微な現時点での補修を行うのが良いと判断した。また、現状から構造物の耐久性を回復し、供用年数100年を確保することに加え、さらに安全・安心なホテルとすることを目的に、炭素繊維シートによる補強も行うこととした(Hiper-CF工法<sup>2)</sup>)。補修・補強の流れは、まず、変状箇所を鉄筋裏まではつり、鉄筋に防錆剤を塗布するとともに鉄筋の断面欠損が大きい箇所については添え筋を設置した上で、ポリマーセメントモルタルにて断面修復を行う。さらに、炭素繊維シートにより、コンクリート表面を全面的に被覆することで、飛来塩分の浸入を遮断するとともに、鉄筋の代替としての補強効果、および、ひび割れ拘束効果を期待できる。写真- 2に補修後の外観を示す。今後、本補修・補強を計画的に進めていく予定である。

#### 5. まとめ

塩害劣化が進行した海上基礎に対して調査を行い、劣化予測に基づく補修を行った。調査の結果、塩分の浸透はみられるが、鉄筋腐食は主筋では軽微であり、現時点で構造性能は保たれていると考えられる。また、断面修復と炭素繊維シート接着による補修・補強により竣工後100年までの耐久性が確保できると考えられる。

#### 謝辞

今回の調査、補修に際し、ご協力いただいたホテルニューアカオ殿に謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 前田, 村上, 海野, 島田: コンクリート構造物のLCC最適化アセットマネジメントシステムの構築, 日本コンクリート工学協会「コンクリート構造物のアセットマネジメントに関するシンポジウム」論文集, 2006.12.
- 2) [https://www.shimz.co.jp/tw/tech\\_sheet/rn0067/rn0067.html](https://www.shimz.co.jp/tw/tech_sheet/rn0067/rn0067.html)