

VI-70

塩化物イオンを多量に含んだRC建造物の塩害対策

奈良建設技術研究所 正会員 佐藤 貢一
同 上 正会員 渡辺 裕一
武蔵工業大学工学部 正会員 小玉 克己

1. はじめに

1992年に建設されたフレンチポリネシア領の海上リゾートホテル水上バンガロー50棟の鉄筋コンクリート（以下RCと記す）柱・はりが建設後2年程度の短期間で著しく劣化損傷した。本報告は本建造物の損傷調査結果と補修補強対策について述べ、施工後1年経過したあとの追跡調査結果に関して報告するものである。

2. 損傷調査結果

（1）損傷状況

柱の損傷は柱上部に多く見られ、ひびわれが柱上部から軸方向に下に向かって進行し柱上部のひびわれ幅が大きく下方に向かうほど小さくなっていた。5～6本のひびわれが柱内部の鉄筋に沿って発生し、また錆汁を含むものがあつた。部分的にはひびわれでかこまれたかぶり部分が鉄筋の錆びの膨張で外側に押し出され浮いている状態であつた。また、帯鉄筋が組立鉄筋程度しか配置されてなく（ $\phi 4.5\text{mm} @ 75\text{cm}$ ）、軸方向鉄筋の若干の発錆でひびわれが生じる状態であつた。RCはりもRC柱同様はりの主鉄筋方向にひびわれが生じ、一部錆汁を含む状況であつた（図－1）。

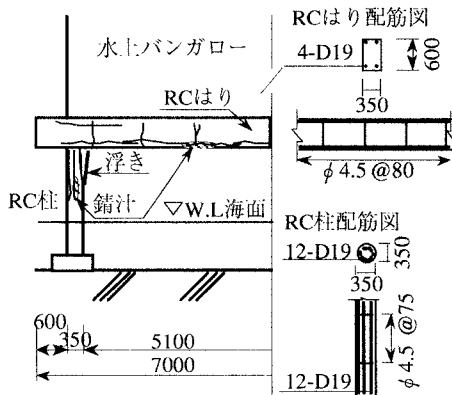
（2）中性化試験

フェノールフタレン法による中性化深さは1cm程度で鉄筋深さまで達しておらず、損傷の原因として中性化が原因ではないと考えられる。しかし施工後2年程度のコンクリートで中性化深さが約1cmであることから、このコンクリートは酸素透過性が高くポーラスな状態であると判断できる。

（3）コア抜き試料の塩分分析試験（電位差滴定法）

コア抜き試料の塩分分析試験結果（表－1）は日本およびフランスの規定値を大幅に上回り6～22kg/m³の塩化物イオン濃度が確認され、今回の損傷原因が本コンクリート中に大量に含まれる塩化物イオンによるものであると判断できる。試料1-1において表面から中心方向に向けての塩分量が減少し外部からの塩分浸透が確認できるが、2-1、3-2では内部のほうが塩分量が多い。

表－1に国内におけるRC橋梁の塩分含有量と橋梁の離岸距離を記す。これらの結果では表層部で3～5kg/m³程度の塩化物イオンが検出されており、今回の結果がかなり高い値であるといえる。また飛来塩分の多い海上では3年程度で表面から2cmの範囲において2～4kg/m³程度の塩分が浸透するとの報告があり[1]、今回検出された塩化物は飛来塩分のみならず施工時に混入した割合が高いものと推察できる。



図－1 水上バンガロー損傷例

表－1 塩化物イオン量調査結果

試料名	劣化損傷程度	部材	表面からの深さ cm	塩化物イオン量 kg/m ³ (%)	塩化物イオン量 規定値 日本 kg/m ³	塩化物イオン量 規定値 フランス kg/m ³	塩化物イオン量 過去の例 注1 kg/m ³
1-1-A	健全	柱	0～2.5	21.86 (1.093)	0.3～0.6	1.94	沖縄 3.64
1-1-B	健全	柱	2.5～5.0	20.12 (1.006)			
1-2-A	悪	柱	0～2.5	19.84 (0.992)			
2-1-A	中	はり	0～2.5	6.48 (0.324)			北陸 4.55 暴露期間3年 離岸距離100
2-1-B	中	はり	2.5～5.0	9.58 (0.479)			
2-2-A	中	柱	0～2.5	16.90 (0.845)			
2-3-A	中	柱	0～2.5	15.80 (0.790)			
3-1-A	悪	柱	0～2.5	8.20 (0.410)			
3-2-A	悪	柱	0～2.5	6.36 (0.318)			
3-2-B	悪	柱	2.5～5.0	8.74 (0.720)			

試料名：1-1-A 採取エリア：バンガロー 試料

注1：例の値は参考文献[1]

（４）損傷原因の推定

損傷原因は海砂を使用したことが損傷発生の一因と考えられ、さらに柱上部から損傷が進行していることから、海中に沈めた型枠中にコンクリートを打設し（海水とコンクリートとの混合）、海水と混ざったコンクリートが上部に上昇したものと考えられる。

これらの柱にはフープ筋が少なく軸方向筋の軽微な発錆で縦方向のひびわれが発生し損傷を助長し、また、かぶりが不足している箇所があり損傷を早めたものと思われる。

3. 塩害対策

1) 断面修復方法

補修方法は0.1mm以上のひびわれやかぶりの浮きを鉄筋の裏まではつりだし、鉄筋にSBR系ポリマーセメントモルタルの防錆材を塗布後、SBR系ポリマーセメントモルタルで断面修復した。ポリマーセメントモルタルによる断面修復により新旧界面でマクロセル現象が生じ鉄筋が急激に腐食することを防ぐ目的で亜硝酸塩を旧コンクリート鉄筋回りに塗布した。また、帯鉄筋の不足を補うことを目的にCase 3では炭素繊維シートをエポキシ樹脂を用いて接着し、ひびわれ発生の抑制を行った。炭素繊維シートはRC柱に帯状に巻付け、RCはりには軸方向に対し直角に接着した。

2) 防水方法

RC柱・はりが海上に位置することから、躯体の防水対策としてCase 1は浸透型結晶増殖材を塗布した。浸透型結晶増殖材はコンクリート中の未水和セメントと余剰水をコンクリート中のひびわれや空隙内で不溶性の結晶群に変え充填するものである。浸透型結晶増殖材は触媒として機能する。Case 2はシラン系防水材をコンクリート表面に塗布した。シラン系防水材は防水効果と共にコンクリート中の水分を発水することが可能で、コンクリート中の余剰水による鉄筋腐食の進行抑制を期待している。また、Case 3ではエポキシ樹脂で接着した炭素繊維シート層を、防水層としている。

4. 追跡調査

塩害補修を行ってから6ヶ月後、1年後に目視による簡易的な追跡調査を実施した。Case 1, 2の断面修復部新旧界面でモルタル材の収縮が原因と考えられるひびわれ（0.1～0.2mm程度）が数カ所で発生し、1年後の調査では一部錆汁の発生が確認された。炭素繊維シートを接着しひびわれの抑制を行ったCase 3は1年後の調査で損傷等の変化は確認されなかった。Case 1, 2のひびわれは1年後で約1割の柱はりで発生しているが、現状では軽微なものでありCase 1～3に関して補修効果が持続しているといえる。

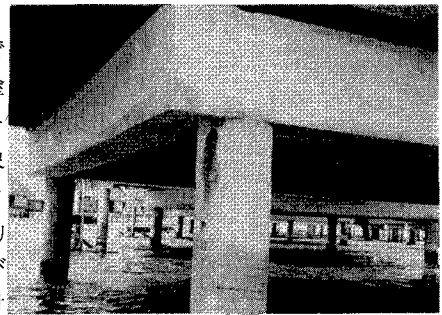
今後も引き続き追跡調査を実施し、炭素繊維シート接着部に関しては非破壊試験の実施等も進めていきたいと考えている。

謝辞：今回の塩害対策を行うに当たり東燃（株）の皆様に貴重な後助言とご指導をいただきましたことを感謝いたします。

参考文献 [1]建設省総合技術開発プロジェクト、コンクリートの耐久性向上技術の開発、報告書第二編P. 33

表－2 補修方法

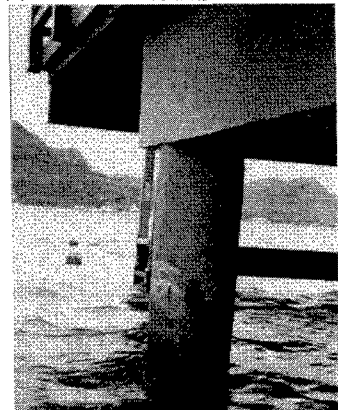
工法	Case1	Case2	Case3
対象部材	RC柱	RCはり	RC柱・はり
防錆	SBR系 ※リマーセメントモルタル	SBR系 ※リマーセメントモルタル	SBR系 ※リマーセメントモルタル
対マクロセル	亜硝酸塩	亜硝酸塩	亜硝酸塩
断面修復	SBR系 ※リマーセメントモルタル	SBR系 ※リマーセメントモルタル	SBR系 ※リマーセメントモルタル
防水	浸透型結晶増殖材	シラン系防水材	炭素繊維シート
備 考	コンクリート構造の緻密化による防水	防水と内部水分の排出	帯鉄筋方向の補強によるひびわれ発生の抑制



写真－1 損傷状況



写真－2 6ヵ月後調査 (Case3)



写真－3 1年後調査 (Case1, 2)