

海上部マスコンクリート構造物の表面劣化と対策

本州四国連絡高速道路 正会員 ○坂本 佳也

本州四国連絡高速道路 正会員 楠原 栄樹

1. はじめに

瀬戸大橋における最大の海中基礎である南備讃瀬戸大橋7Aアンカレイジは、橋軸方向76m、橋軸直角方向55m、海面上の高さ72.7mの大きさをもつマスコンクリート構造物である。また、躯体は北面が下部に向かって張り出すように傾斜しているのに対し、南面は下部から上部に向かって海上部に張り出すオーバーハング構造となっている。

この南面のオーバーハング（以下、「OH」という）部において、骨材の脱落や骨材の表層剥離等のポップアウトが確認された。本報告では調査に基づくポップアウトの発生原因及びその対策について報告する。

2. 南備讃瀬戸大橋7A南面OH部の劣化

南備讃瀬戸大橋7A南面OH部の劣化状況を図-1に示す。図-1に示すように、劣化は高さ毎で異なり、OH部下部では骨材の露出等のポップアウトが発生している一方、OH部上部ではポップアウトは見られず、ASR（アルカリ骨材反応）の特徴である亀甲状のひび割れが発生している。ただし、その他の面（東西面及び北面）では同様の変状は見られない。

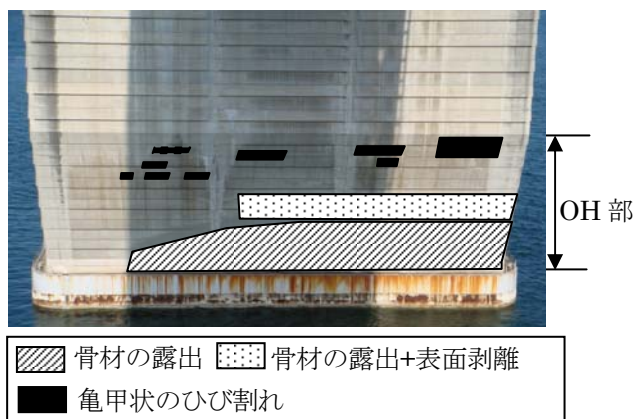


図-1 外観調査結果

表-1 室内試験

試験項目	試験数	試験方法
EPMA分析	3	JSCE-G 574-2005
粉末X線回折	1	セメントペースト・骨材を対象
化学法	1	JIS A 1145
促進膨張試験	6	JCI-DD2
全塩化物イオン濃度試験	13	JIS A 1154

このポップアウトの原因を特定するため、表-1に示すような詳細調査を実施した。詳細調査の結果、劣化はコンクリート表面から浸入した海水により、(1)海水中の SO_4^{2-} による石こう・エトリンガイトの生成、(2)海水中の Na^+ によるアルカリシリカゲルの生成、(3)雨水の洗い流しがないことで濃縮した箇所での乾湿繰り返しによる塩類の結晶化に伴う膨張作用、によって発生したと推測される。よって、劣化原因は海水による化学的侵食、ASR、乾湿繰り返しによる複合劣化と判断した。

3. OH部の劣化対策

OH部の劣化はコンクリート表面からの海水の浸入に伴う劣化であり、長期的には構造物の耐久性への影響も懸念される。そこで、OH部の劣化対策として、劣化原因である海水の浸入を抑制するために、表面被覆工による施工を実施した。

(1) 材料

表面被覆に使用する材料は、対象がマスコンクリート構造物であり、一般的なコンクリート構造物に比べ、温度変化によるひび割れ幅の変動が大きいことから、ひび割れ追従性の高い材料が必要となる。そこで、建設時から現地にて暴露試験を実施した材料で、20年以上ひび割れ追従性が確認された材料（アクリルゴム塗装系）を選定した。

(2) 施工範囲

施工範囲はポップアウトが塩害のような塩化物イオンの浸入に伴う損傷と同様に、コンクリート表面からの海水の浸入に伴う損傷であることから、建設から100年後までにコンクリート内部の鉄筋が腐食し始める塩化物イオン濃度（ $=1.2\text{kg/m}^3$ ）に達する範囲とした。そこで、高さ毎に採取したコンクリート試料から求めた全塩化物イオン濃度を用いて、Fickの拡散方程式及び高さと表面塩化物イオン濃度 C_0 の関係を求めた。その結果を用いて、図-2に示す鉄筋位置での100年後の全塩化物イオン濃度と高さの関係を算出し、補修範囲をTP+35m以下とした。

キーワード：コンクリート、ポップアウト、複合劣化、ASR、化学的侵食、表面被覆

連絡先：〒762-0025 香川県坂出市川津町下川津4388-1 本州四国連絡高速道路 坂出管理センター TEL (0877) 45-5511

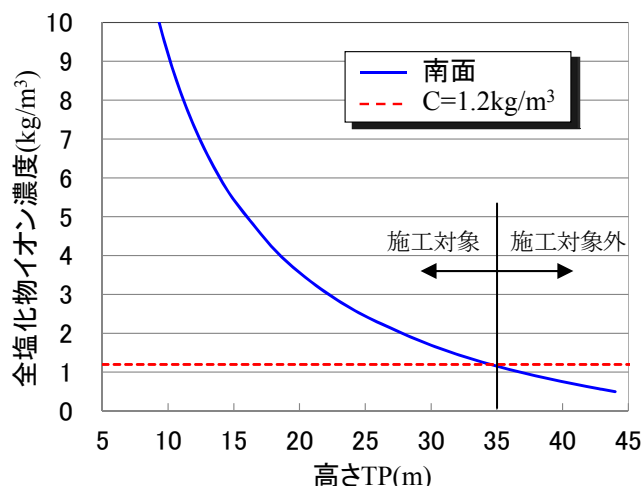


図-2 高さと全塩化物イオン濃度の関係
(100年後鉄筋位置での予測値)

(3) 施工

施工は図-3に示すような手順で実施した。また、施工箇所は海上部に張り出したOH構造であることから、枠組足場や単管足場を適用することはできない。そこで、OH部の橋軸直角方向にレールを設置し、そのレール上をOH部に沿うように仮設したラックレール式移動足場により施工を行った。足場仮設後、この足場を利用して、目視及び打音調査を行い、下地処理、ケレン、不陸調整等の数量確認及び異常部の検出を行った。

下地処理として、①セパ穴補修、②ひび割れ補修、③水抜きパイプ、④断面修復を行った。セパ穴補修・断面修復はセパレート鉄筋定着痕やコンクリートの浮き、剥離及び断面欠損箇所を対象にポリマーセメントモルタルによる断面修復を実施した。ひび割れ補修は建設時に補修したひび割れ及び新たに発生した0.5mm以上のひび割れを対象に、ひび割れ補修を実施した。また、水抜きパイプ設置は事前調査で確認された遊離石灰箇所、漏水箇所、ひび割れ補修箇所等にコンクリート内部の残留水の排出を行うため、塩化ビニール製の水抜きパイプを設置した。

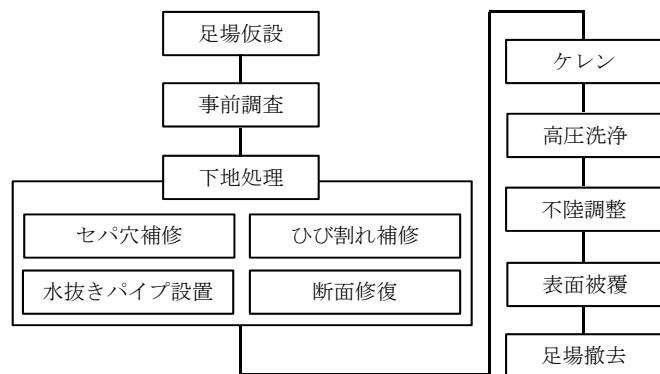


図-3 施工手順

下地処理完了後、コンクリート面のケレン及び高圧洗浄を実施した。その後、表面被覆を行うにあたって、コンクリート表面の気泡等の不陸を充填するためにポリマーセメントモルタルにより不陸調整を実施した。なお、不陸調整は表面被覆に使用する材料が厚膜型であり、2mmまでの空隙を充填することが可能なため、深さ2mm以上の空隙を対象に施工した。

表面被覆は表-2に示すような塗装仕様により行った。なお、中塗は当初2層塗りであったが、コンクリート表面の粗さの違いにより不陸調整で除去できない気泡を除去するため、3層塗りとした。施工はエアレススプレーによる吹き付けで行い、狭隘部等十分な吹き付けが困難箇所については、刷毛塗り・ローラー塗りに行った。

表-2 塗装仕様

層	工程	使用材料	標準使用量 (kg/m ²)	目標膜厚 (μm)
1	下塗	エポキシ樹脂プライマー	0.1	100
2	中塗	アクリルゴム系塗料	0.9	1000
3		アクリルゴム系塗料	0.8	
4		アクリルゴム系塗料	0.3	
5	上塗	アクリルウレタン系塗料	0.15	100
6		アクリルウレタン系塗料	0.15	

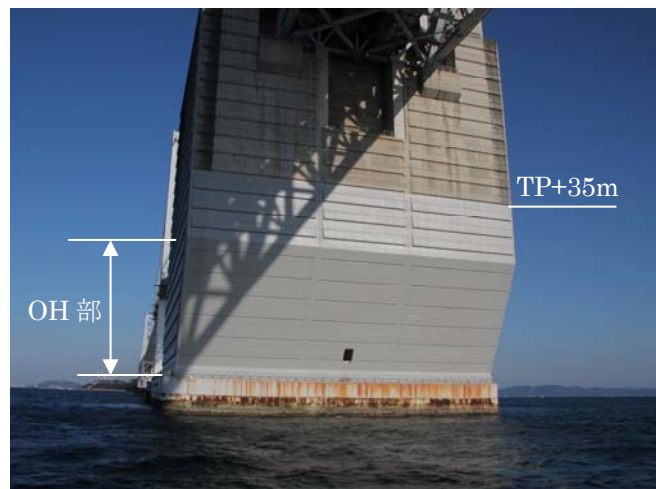


写真-1 南備讃瀬戸大橋 7A 南面 OH 部の対策状況

4. まとめと今後の課題

海上部マスコンクリート構造物でのポップアウト等の劣化対策として、表面被覆による施工を実施した。この対策により、今回の劣化原因である海水の浸入を抑制することが可能であるが、長期間で考えた場合、内在塩分による鉄筋腐食等の劣化が懸念される。そのため、今後は定期的にコンクリート内部の状況を調査し、状況によってコンクリートのはつり、断面修復及び表面被覆を実施する必要がある。