## 3. 塩害により損傷したコンクリート橋のリニューアル

西日本高速道路株式会社 松田 哲夫 株式会社富士技建 〇岸上 弘宣 株式会社富士技建 高木 英昭

### まえがき

大阪市と和歌山県内諸都市、及び大阪府南部諸都市とを結ぶ阪和自動車道は、昭和49年に開通、大阪圏南部の主要幹線道路軍位置付けられ、この地域の産業発展に重要な役割を果たしてきた。しかしクリートとなりまた。しかコンクリートがある鉄筋に使用されている鉄筋コンクリートが発生、不多的な鉄筋腐食の進行、ある報告される場合でもよりでもよりでもよりでもありでもありでもありでもありでもありでもありである。その中でも劣化の進行が著しい松島高架橋は和歌山インターチェンジに隣接し、ランプ車線を有する図

-1 に示す様な 4 径間連続形式の RC 中空床版橋であり、平成 2 年にスチールファイバーコンクリート(以下 SF コンクリートと記す)により増厚補強が行われた履歴を持つ橋梁である。

本橋の非破壊検査による事前の耐荷力調査の結果、①含有塩分量が規定値を大きく超え鉄筋の腐食が進行している、②見かけの静弾性係数が大きく低下しており桁全体の剛性低下も著しい、③平成2年補修時の増厚コンクリートと母材コンクリート間あるいは床版の上面鉄筋面に層状剥離が見られる、等によって早急な補修・補強が必要と判断された。

そこで、これらの調査結果を踏まえ、本

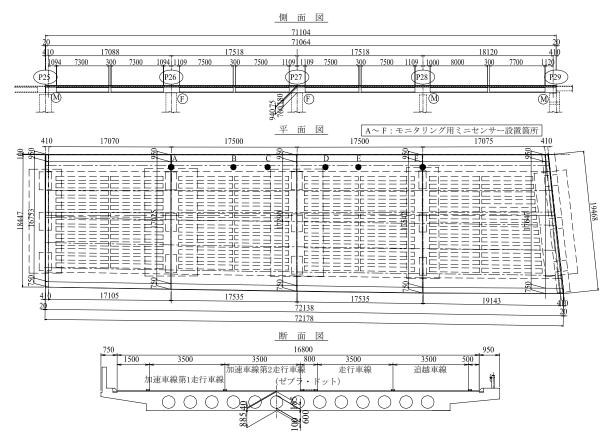


図-1 松島高架橋一般図

橋の全面架け替え案を含む補修・補強対策を種々検討し、交通規制を最小としつつ橋 梁機能を回復・向上させるとともに、本橋 の長寿命化を図る部分補修工法を開発、採 用することにより、リニューアル工事を実 施した

以下に、本橋の事前詳細調査により判明 した劣化状況について報告するとともに、 本橋で採用した新工法とその特長について 報告する。

## 2. 劣化損傷に関する調査結果と劣化度の 判定

本橋の補修・補強に先だって、事前調査 として、コア採取によるコンクリートの物 性試験、はつりによる鉄筋の腐食状況調査、 アルカリ骨材反応試験、衝撃弾性波による 上面コンクリートの剥離状況調査、および 主版下面のひび割れ調査を行った。さらに、 試験車を用いた静的載荷試験により全体剛 性を確認した。

調査結果の概要を表-1に示す。この表から分かるように、コンクリートの物性値では、圧縮強度が平均値で設計基準強度を下回り、静弾性係数は基準値の半分程度まで低下していることが確認された。また、コンクリートの含有塩分量は、主版下面の表面付近を除く全ての部位において腐食発生限界塩分量 1.2kg/m³ を大きく上回る値で

あり、深さ方向分布も表面付近を除きほぼ 一様分布であった。これらから本橋の含有 塩分は建設時の海砂使用によるものと推定 できる。

一方、はつり試験による鉄筋の腐食調査では、上面配力鉄筋は腐食により断面欠損が進行していたが、主鉄筋は一部発錆が見られたものの断面欠損には至っていないことが確認された。本橋の鉄筋に見られたマクロセル腐食の状況写真を写真-1 に示す。また、採取コアにおいて、SF コンクリート増厚補強時の新旧コンクリート間の層間剥離や、増厚コンクリート内の垂直方向クラックが観察された。

衝撃弾性波(CTM)による剥離調査からは、前項の層間剥離が広範囲にわたっていることが確認された。



写真-1 マクロセル腐食状況

表-1	事前調査結果の概要

調査項目		調査結果	基準値	
コンクリート 物性 (コア試験)	圧縮強度	平均:22.7N/mm <sup>2</sup>	$24N/mm^2$	
	静弹性係数	平均:13.9kN/mm²	25kN/mm <sup>2</sup>	
	中性化深さ	20~30mm		
	塩化物含有量	$1.47 \sim 4.00 \text{kg/m}^3$	1.2kg/m <sup>3</sup>	
鉄筋腐食状況(はつり調査)		上面配力鉄筋は断面欠損、主鉄筋は表面錆程度		
衝撃弾性波による剥離調査		上面増厚補強時の新旧コンクリート間あるいは上 面鉄筋面において広範囲に層状剥離を観察		

また、高感度カメラによる主版下面の劣化状況調査からは、ひび割れ幅 0.2 mm 以上のひび割れの総延長が約 1400 m  $(1.4 m/m^2)$  に達していることが確認された。

次に、本橋の全体剛性の低下度を調べる ために試験車による静的載荷試験を実施し た。その結果、実測たわみがコンクリート の全断面を有効とした解析たわみの2倍近 くに達していることが確認され、橋梁全体 の剛性が大きく低下していることがわかっ た。

以上に述べたように、本橋の劣化状況を総括すれば、①コンクリートの静弾性係数が大きく低下している、②上面増厚部よている、②上面鉄筋近傍のコンクリートが劣化した。 全体にわたって規定値を大きく超えてした。 全体にわたって規定値をか腐食が進行といるものの主版の上面鉄筋はぼ健全すいといるが、今後主版鉄筋の腐食が進行といえるが、今後主版鉄筋の腐食が進行といえるが、今後主版鉄筋の腐食が進行といるもが、今後主版鉄筋の腐食が進行といるもが、今後主版鉄筋の腐食が進行されるものでといること等が判明した。これらのことから、本橋は早急な補修・補強が必要と判断された。

## 3. 劣化部コンクリートの全面撤去と剛性 向上を図る断面修復工法の採用

老朽化が進行し、剛性が低下したコンク リート橋のリニューアル工法としては、既 設橋を部分修復する方法、新設橋に架替え る方法の2つの方法が考えられる。本橋で は、これらの2つの方法に対し、各々数種 の工法について検討を行った結果、WJ工 法で上面鉄筋を含む断面の劣化コンクリー トをはつり取り、その上に新たな鉄筋コン クリート断面を増設する部分修復工法を採 用した。ここで採用した断面修復工法の概 念図を図-2に示す。本工法を採用した理由 は、①全面支保工と支間中央におけるジャ ッキアップを併用することにより主版上面 鉄筋を含む断面の劣化コンクリートを全面 撤去でき、その上に新たな鉄筋コンクリー ト断面を増設することにより橋梁全体の剛 性向上が図れ B 活荷重対応も可能となる、 ②通行規制の期間が全面架替え案に比して 2 ヶ月以上短縮でき、規制範囲も部分的な 車線規制での施工が可能である、③撤去す るコンクリート量は全面架替え案の 40% 程度であり、産業廃棄物の縮減が可能であ る④全面架替え案と比べ規制費も含めた工 事費で 15~20%程度のコスト削減が図れ

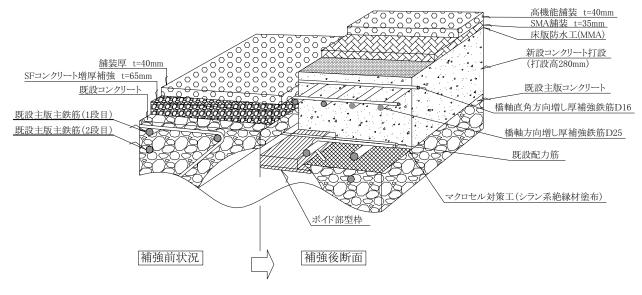


図-2 施工断面の概念図

る等である。

RC 構造の連続桁橋で全面支保工を設け 主鉄筋断面を含む部位にある劣化コンクリートを撤去する場合、撤去時における鉄筋 の応力解放により、既設コンクリート部に 新たなひ割れの発生が懸念される。この ため、支間中央および張出し部をジャンプすることにより、中間支点およる発生 でツプすることにより、中間支点およる発生 応力が無応力に近い状態となるよう既設部 材の応力を調整しつつ WJ によるはつり、 および断面修復を行った。本工法におり および断面修復を行った。本工法におり た力検討の流れ図およびジャッキアップ反 力の決定法を図-3 に示す。

# 4. 段階施工による交通規制の最小化と施工ステップ毎の応力照査

本橋はランプ車線を含む特殊性より、交通規制の最小化が望まれ、図-4に示すような、常時2車線の確保が可能な段階施工法を採用した。

実際の現場施工に当たっては、各々の施 エステップ毎にジャッキアップによる鉄筋 の応力変動、およびコンクリート撤去によ る鉄筋の応力解放による再配分を解析と計

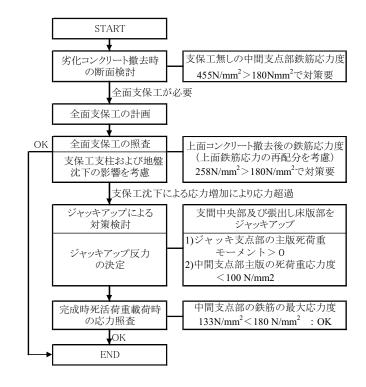


図-3 応力検討の流れおよびジャッキアップ反力の決定

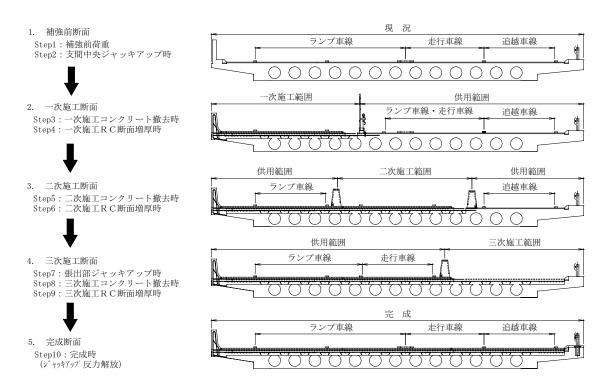


図-4 段階施工の概要と交通規制範囲

測により確認しつつ、劣化コンクリートの 撤去および増設部コンクリートの打設作業 を行った。また、ジャッキ反力はジャッキ 支点部に設置したロードセルにより反力管 理を行い各々の施工ステップ毎に反力調整 を行った。

### 5. 劣化コンクリート撤去工法の概要

増厚部 SF コンクリートおよび既設の劣 化コンクリートの撤去は、大型切削機と WJ工法を併用することにより工期の短縮 とコスト削減を図った。即ち、WJでは撤 去に時間を要する上面 50mm 部分の SF コ ンクリートを大型切削機により撤去し、そ の下の鉄筋を含む断面部のコンクリートは、 撤去効率が良く、かつ、母材部コンクリー トにマイクロクラックや骨材剥離が発生し ない WJ 工法により撤去した。写真-2 に WJ 工法による劣化コンクリートの撤去状 況を示す。なお、写真に示すようにジェッ ト水の飛散防止および防音対策として、規 制部両サイドの防護柵部および機械回りを 二重にシート養生することにより周辺環境 に配慮した。また、WJの濁水処理は当初 本線上で行ったが、橋面作業の効率化のた めボイドの水抜き孔を利用して高架下から の回収に変更した。これにより大幅な時間 短縮が可能となった。

一方、撤去コンクリート殻の回収処理では、上面鉄筋を残した状態ではつり殻を吸引する必要があるため多大な時間と労力を要した。そこで、はつり殻の吸引および搬出作業を夜間作業とすることにより、橋面作業の効率化と工期の短縮を図った。写真-3にボイド部に堆積したコンクリート殻の吸引状況を示す。また、写真-4 および、写真-5 に上面の劣化コンクリート撤去完了時の状況を示す。



写真-2 WJ による劣化コンクリート撤去状況



写真-3 コンクリート殻の回収状況



写真-4 上面劣化コンクリート撤去完了時の状況



写真-5 ボイド内から見た撤去完了時の状況

# 6. 新旧コンクリート間に絶縁材を塗布したマクロセル腐食対策の試験施工

内在塩分を有する鉄筋コンクリート構造 物において表面付近の劣化部コンクリート を除去し断面修復した場合, 新旧コンクリ ート間の塩分濃度の差によりマクロセルが 形成され、鉄筋の腐食が促進される. この 対策として劣化コンクリート撤去後の既設 コンクリート面に、シラン系またはシラン シロキサン系絶縁材を塗布し、新旧コンク リート間の電気抵抗を大きくしてマクロセ ルの形成を抑制する新たな鉄筋腐食防止工 法を開発した。本工法の妥当性については、 既に室内試験および現場試験施工により鉄 筋腐食の抑制効果を確認しているが 1), 実 橋において本工法を実施した場合の新旧コ ンクリート接合面の接合強度, および絶縁 層の浸透深さとその経時挙動を確認するた め、実施工を模した試験体による施工試験 を実施した。さらに、施工後1年を経過し た時点で、腐食抑制効果の持続性を確認す るため絶縁材の浸透深さを計測した。以下 にこれらの結果について報告する。

模擬試験体による現場施工試験の試験体 は、平面形状 4000mm×2000mm、厚さ 100mm の母材となる下地コンクリートの 上面をウォータージェットではつり取り、 はつり面にシラン系ならびにシランシロキ サン系絶縁材を塗布した後、その上に補強 鉄筋 D32@125mm と D16@200mm を格子配 置し、厚さ 180mm の新設コンクリートを 打設した。この試験体より継ぎ足しコンク リート打設後1週目と4週目にコア削孔を 行い、供試体を作製し、接合面の付着強度 および絶縁材の浸透深さの経時変化を測定 した。材齢1週目および4週目において建 研式付着試験を実施するとともに、1週目、 4週目、および1年6ヶ月経過後において 絶縁材の浸透深さを測定した。材齢1週目 および4週目における建研式付着試験の結 果を図-5 に示す. これによれば、シラン系およびシランシロキサン系絶縁材のいずれも建研式付着試験基準値である 1.0N/mm²以上の付着力を有していることが確認できる。材齢 1 週目および 4 週目、さらに 1 年6 ヶ月経過後における絶縁材浸透深さ測定値を図-6 に示す。

これより、絶縁材の浸透深さは1週目から1年6ヶ月経過時点まで経時変化することなく、ほぼ10mm程度の一定層を確保していることが確認できる。また、浸透層は絶縁材塗布後1年6ヶ月経過した後も十分な遮水効果を保持することが確認された。これより、シランシロキサン系絶縁材を新旧コの付着強度の低下はなく、浸透層の経時変化も微小で、その絶縁性を保持することが明らかとなった。

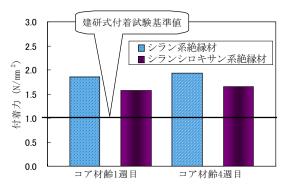


図-5 建研式付着力試験結果

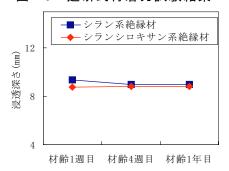


図-6 絶縁材の浸透深さ

### 【参考文献】

1) 平石陽一, 宮里心一, 他: 内在塩分を有する鉄筋 コンクリート橋のマクロセル腐食を考慮した補修, 土木学会第61回年次学術講演会 2006.9