

エジプト・アラブ共和国
運輸省

エジプト国
橋梁設計（スエズ運河架橋建設計画
カウンターパート研修）
フォローアップ協力（調査）

調査報告書

平成 28 年 10 月
（2016 年）

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

株式会社 オリエンタルコンサルタンツグローバル
株式会社 長 大

エジ事
CR(3)
16-001

エジプト・アラブ共和国
運輸省

エジプト国
橋梁設計（スエズ運河架橋建設計画
カウンターパート研修）
フォローアップ協力（調査）

調査報告書

平成 28 年 10 月
（2016 年）

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

株式会社 オリエンタルコンサルタンツグローバル
株式会社 長 大

目 次

ページ

第 1 章	業務の実施方針等	
1.1	業務実施の基本方針	1
1.1.1	調査の背景	1
1.1.2	調査の目的	1
1.2	過年度の調査概要	2
1.2.1	現在の舗装構成	2
1.2.2	2011 年 5 月の調査結果	2
1.2.3	2011 年 8 月の調査結果	3
1.2.4	2011 年 5 月のスチールデッキの調査結果	3
1.2.5	2011 年 11 月から 2012 年 2 月の調査結果	3
1.3	調査業務実施の基本方針	6
1.3.1	調査スケジュール	6
1.3.2	技術面の課題・配慮事項と基本方針および調査項目	7
1.3.3	調査位置図	9
第 2 章	現地調査 1	
2.1	現地調査 1 の概要	10
2.1.1	現地調査 1 の結論	10
2.1.2	その他	10
2.2	舗装試験施工の評価	12
2.3	鋼床版の健全度調査および安全性の評価	14
2.3.1	鋼床版表面の調査	14
2.3.2	鋼床版厚の測定	17
2.3.3	箱桁内部の調査	21
2.3.4	鋼床版調査の結論	24
2.4	舗装工事（その 1 ; 北側車線）	25
2.4.1	サンドブラストおよびプライマーの試験施工	25
2.4.2	サンドブラストおよびプライマーの本施工	27
第 3 章	現地調査 2（南側）	
3.1	現地調査 2 の概要	28
3.2	鋼床版の健全度調査および安全性の評価（南側）	28
3.2.1	鋼床版表面の調査	28
3.2.2	鋼床版厚の測定	30
3.2.3	箱桁内部の調査	32
3.2.4	鋼床版調査の結論	35

3.3	鋼床版の維持管理計画.....	36
第4章 結論および提言		
4.1	現地調査概要(調査1および調査2の総括).....	43
4.1.1	舗装.....	43
4.1.2	鋼床版の健全度調査および安全性の評価.....	43
4.2	提言.....	44
4.2.1	鋼床版の維持管理、補修・補強.....	44
4.2.2	過載トラックの重量制限について.....	45

付属資料

第 1 章 業務の実施方針等

1.1 業務実施の基本方針

1.1.1 調査の背景

スエズ運河において、エジプト本土とシナイ半島を結ぶ鋼箱桁斜張橋の建設を、無償資金協力「スエズ運河架橋（以下、本橋）建設計画」として 1997 年から開始し、2001 年 10 月から供用開始している。建設にあたり、本橋建設の実施機関であり維持管理を所掌する運輸省道路橋梁庁（以下「GARBLT」）に、長大橋の建設経験が不足していたため、設計・施工能力の向上のためのカウンターパート研修が複数回実施された。今回フォローアップ（以下「F/U」）の対象とするのは、その一環として実施された「橋梁設計（スエズ運河架橋建設計画カウンターパート研修）」である。尚、上記研修に参加した Eng. Ali El Safti Abdulla Ahmed（当時は上級設計士）は、現在は、GARBLT の橋梁建設維持管理中央部長として、本橋を含むエジプト中心地域の橋梁の建設・維持管理の責任者となっている。

供用開始直後には軸重制限がなされてなかったこともあり、中央径間の舗装面にクラックが発生する事態となったため、GARBLT は 2002 年から通行車両の軸重制限を実施すると共にクラック補修を継続的に実施したものの、舗装面の状況は悪化し、鋼床版の腐食や亀裂が懸念される状況となった。このため、GARBLT が JICA エジプト事務所に舗装面の調査を要請したことを受けて、JICA は無償資金協力に対する F/U 協力調査を実施、GARBLT に修復方法を提案した（2013 年 3 月）。GARBLT は同提案を踏まえ、コンサルタント及びコントラクターと契約したが、2013 年 7 月の政変以降治安上の理由から軍が本橋の一般通行を禁止したため、修復工事は開始されず、現在に至っている。

以上のような状況が続いたが、2015 年 6 月、GARBLT から、舗装面の修復工法を決定次第補修に着手する旨と、修復にあたり既存の舗装を除去し、鋼床版の劣化状況を確認する必要があることが伝達された。そのためには、鋼床版の劣化状況の詳細確認及びその補修方法、更に補修の施工実施について専門技術者からの助言が必要とされ、GARBLT は JICA に F/U 協力調査の実施を要請した。

1.1.2 調査の目的

錆による鋼床版の減厚は、現時点では大きな問題とはならないが、将来大きな問題となる可能性がある。本調査中に GARBLT が舗装の試験施工、本舗装工事および鋼床版の健全度調査を実施する予定である。そこで調査チームは以下の項目に対して指導・助言を行うことが本調査の目的である。

- 舗装試験施工および舗装本施工に関する指導・助言
- 鋼床版の健全度調査および健全度評価に関する指導・助言
- 鋼床版の補修計画およびその維持管理計画に関する指導・助言

1.2 過年度の調査概要

1.2.1 現在の舗装構成

スエズ運河架橋における舗装構成は以下の通りである。

- 防水接着層（計3層）
橋面上の仮塗装をサンドブラスト工により除去した後、防水防食層2層+接着層
- アスファルト基層…改質Ⅱ型 植物繊維入り SMA 40mm
- 接着層…基層表面清掃後、タックコート散布
- アスファルト表層…改質Ⅱ型 密粒 40mm

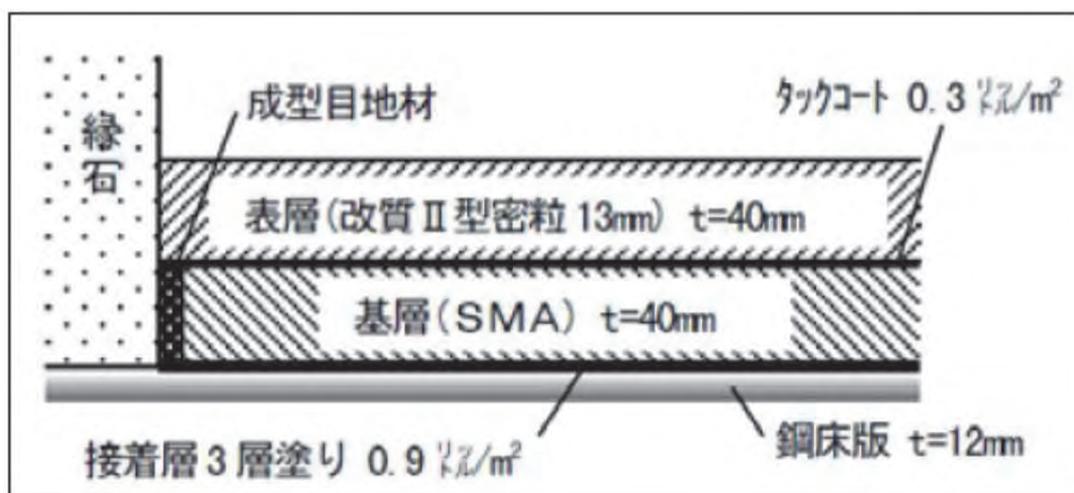


図 1.2.1 舗装構成図

1.2.2 2011年5月の調査結果

調査では、最大幅 30mm、深さ 50mm 程度の亀甲状のクラックが見られ、舗装表層の細分化が進んでいることが確認された。また、当該調査の範囲では、基層までクラックが達していると予想されるものの、基層を超え床版まで到達したひび割れは確認されなかった。

損傷箇所（1箇所）における、鋼床版内部での錆の発生、鋼部材・溶接部の亀裂は、確認されなかった。

1.2.3 2011年8月の調査結果

クラック範囲、幅は、2011年5月の調査時より広がった印象を受けた。また、ポットホールが発生、クラック幅、深さの進行など、明らかな損傷の進行が確認された。

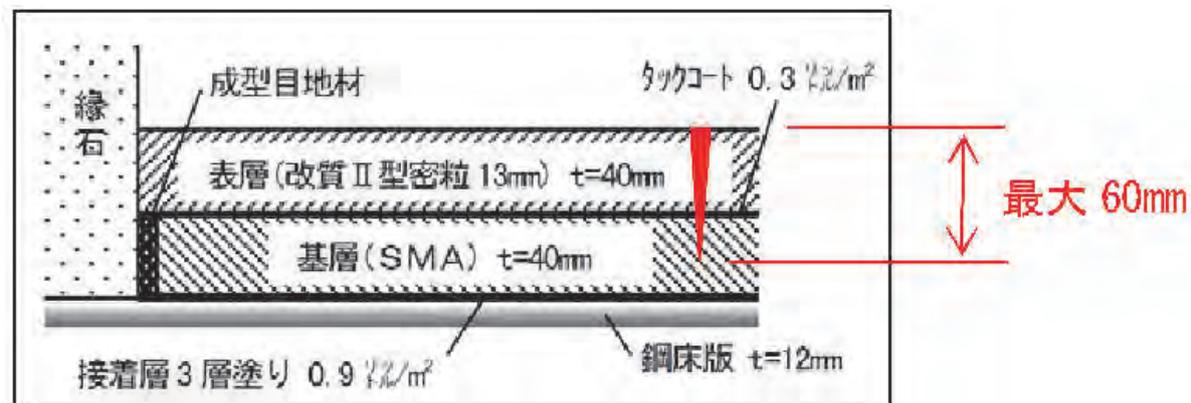


図1.2.2 クラック調査(最大クラック深さ6cmを確認)

舗装の損傷が激しい位置において、鋼床版内部を赤外線カメラで撮影したところ、鋼床版に損傷は認められなかった。

1.2.4 2011年5月のスチールデッキの調査結果

調査チームは、スチールデッキの内側において赤外線カメラで撮影された2011年5月の写真で、損傷状況の調査を実施したが重篤な損傷は発見されなかった。

1.2.5 2011年11月から2012年2月の調査結果

(1) 舗装の損傷

鋼床版舗装の全表面のひび割れを把握するために写真画像調査を実施した。

- ひび割れは舗装全体面積の95%を占める。
- 70%の区域はひび割れ幅10mm以上であった。
- 南側の外側車線にひび割れが最も多く確認された。
- 北側の内側車線のひび割れは比較的少ない。しかしながら、舗装全体の80%がいくつかのひび割れが発生している。

変状詳細調査は舗装の深刻な損傷箇所6箇所幅4m×長さ6mの区域について行った。

- 最大ひび割れ幅は40mm、深さ80mmであった。その結果、主なひび割れは鋼床版上面まで達している。
- 70mm×50mmのポットホールが確認された。

- 補修の平坦性値 20mm に対し、5mm 未満であった。平坦性は良好である。
- 数箇所では結合力の悪化による浮きを確認された。
- 主要なひび割れは車輪の走行位置に合致している。

6 箇所の位置に直径 100mm のコア孔を開けコアを採取した。

- 調査結果は極めて小さい付着力であった。自重相当に該当し接着力は無に等しい。その原因はひび割れから浸透した水により接着層が著しく劣化し付着力がなくなったものと推測する。
- コア C1（ひび割れなし）においても周辺にひび割れがあり、周辺から透水した水の影響があるものと思われる。
- サンプルングしたコアのひび割れは鋼床版まで達していた。

(2) 鋼床版の損傷

1) 鋼床版上面調査

舗装の開削調査位置にて、接着層を取り除き、デッキプレートの上面を観察し、錆、腐食等の有無を目視で確認するとともに、鋼床版亀裂が予想される位置を決定し、亀裂発生と進展の原因に関する情報を収集した。走行車線の幅 1m×橋軸方向 1m の 3 箇所と 0.3m×0.3m の 2 箇所の開削位置で実施した。

- ほぼ全ての調査位置で、デッキプレート上面は腐食していた。デッキプレートの板厚の減少は調査位置により異なっていた。南側走行車線の L2、L3 は北側に比較してかなり腐食していた。
- L2 の開削位置では、接着層は鋼材の錆の層と一体化し、パワーツールでも容易に錆を除去できなかった。錆の層厚は約 0.5mm から 1mm であった。
- L1 の開削位置では、舗装撤去後、接着層には茶色物質（恐らく錆）が付着していた。L1 位置の接着層は健全であるように見えたが、写真 2.3.1 に示すように、一部で容易に接着層を除去することができた。
- L1 の開削位置の西側部位では腐食によりデッキプレートの板厚減少が見られた。
- 接着層の下側にも水分が侵入し、全ての舗装開削位置でデッキプレート上面は腐食していた。
- デッキプレート上面の腐食状況は開削毎に異なっていた。
- 北側の開削位置 L1 では、デッキプレート表面は一部健全な部位もあったが、一部は腐食が進行していた。

2) 鋼床版板厚調査

腐食によるデッキプレート上面のでこぼこをグラインダーで平滑化し、デッキプレート表面から超音波板厚計を使用して鋼材板厚を測定した。

- 開削位置 5 箇所（北側 L1、S1、南側 L2、S2、L3）でデッキプレート板厚が測定された。
- 測定結果のうち、L2 の腐食が最も厳しい状況であった。
- デッキプレート上面平滑化後の L2 の板厚平均値は 11.5mm であった。
- 開削位置 L1 の中心部の腐食は僅かであった。
- L2 の腐食領域の板厚減少平均値は 0.5mm で、5 箇所の開削位置で最大であった。
- 腐食による板厚の減少は構造の観点から現時点では大きな問題にはならないが、そのまま放置すれば、デッキプレート上面から疲労亀裂を誘発する可能性や、鋼床版の変形性能に影響を及ぼす可能性が高まる。
- デッキプレートの板厚が 12.0mm、11.5mm、11.0mm の場合の、縦リブの設計応力を計算した。デッキプレートの板厚が 11.0mm になった場合でも、応力変動は 1%未満で問題なく、許容応力度 $\sigma_a=1,400\text{kg/cm}^2$ に対しても十分余裕がある。

3) 疲労亀裂の調査

箱桁内部の U-リブ位置で、超音波探傷および磁粉探傷により、疲労亀裂の有無の調査を行った。

- 疲労亀裂は検出されなかった。



舗装のクラック（2012年調査）



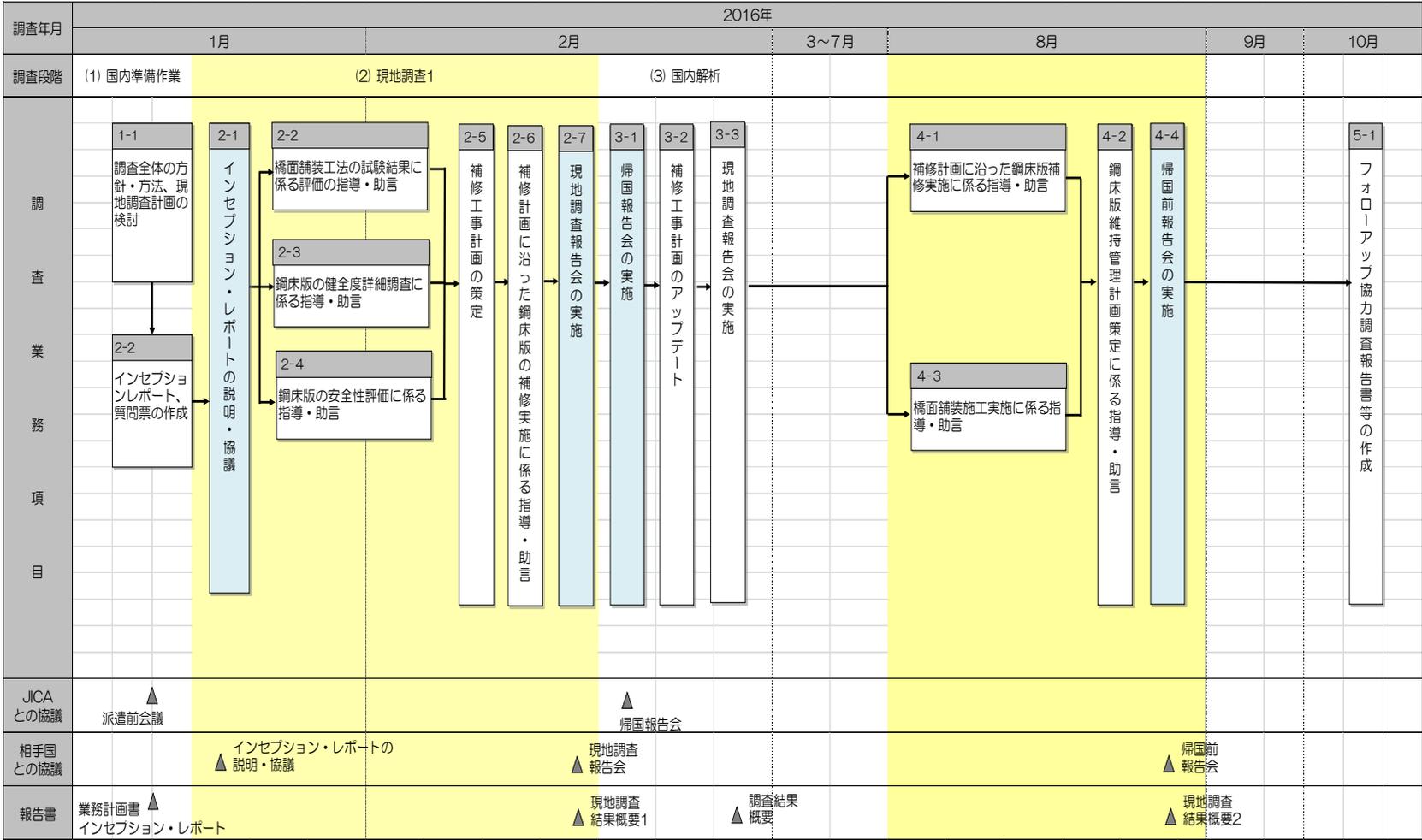
鋼床版の錆（2012年調査）



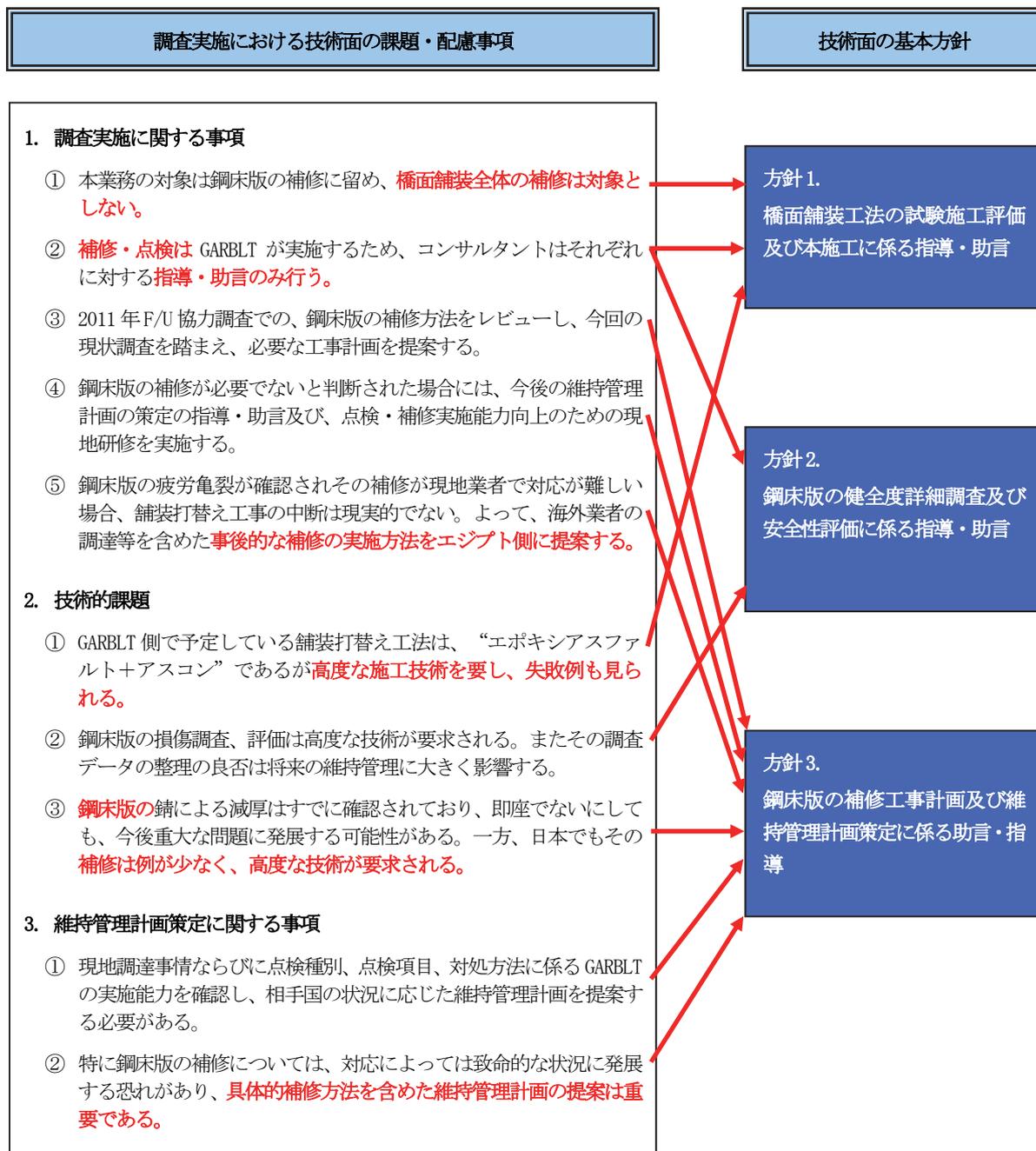
鋼床版表面（2012年調査）

1.3 調査業務実施の基本方針

1.3.1 調査スケジュール

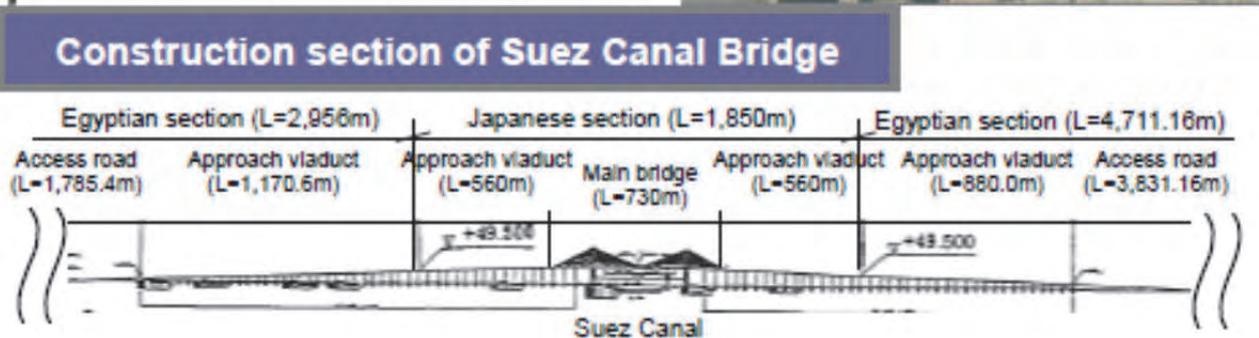
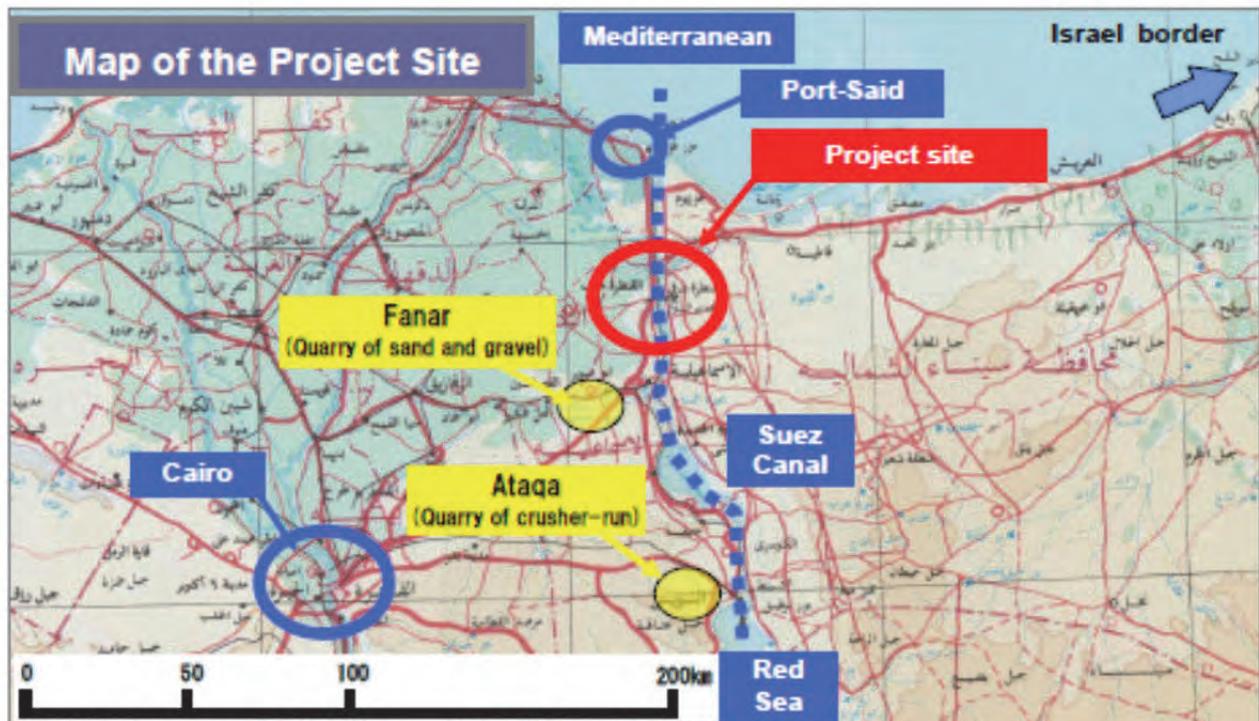


1.3.2 技術面の課題・配慮事項と基本方針および調査項目



- (1) 国内事前準備
 - 【1-1】 調査全体の方針・方法、現地調査計画の検討
 - 【1-2】 インセプションレポート、質問票の作成
- (2) 現地調査 1
 - 【2-1】 インセプションレポートの説明・協議
 - 【2-2】 橋面舗装工法の試験結果に係る評価の指導・助言
 - 【2-3】 鋼床版の健全度詳細調査に係る指導・助言
 - 【2-4】 鋼床版の安全性評価に係る指導・助言
 - 【2-5】 補修工事計画の策定
 - 【2-6】 補修計画に沿った鋼床版の補修実施に係る指導・助言
 - 【2-7】 現地調査報告会の実施
- (3) 国内解析
 - 【3-1】 帰国報告会の実施
 - 【3-2】 補修工事計画のアップデート
 - 【3-3】 調査結果概要の作成
- (4) 現地調査 2
 - 【4-1】 補修計画に沿った鋼床版補修実施に係る指導・助言
 - 【4-2】 鋼床版維持管理計画策定に係る指導・助言
 - 【4-3】 橋面舗装施工実施に係る指導・助言
 - 【4-4】 帰国前報告会の実施
- (5) フォローアップ協力調査報告書等の作成
 - 【5-1】 フォローアップ協力調査報告書等の作成

1.3.3 調査位置図



第 2 章 現地調査 1

2.1 現地調査 1 の概要

2.1.1 現地調査 1 の結論

現地調査 1 は、2016 年 1 月 22 日から 2 月 21 日に実施された。

今回の調査の結論は以下である。

1. GARBLT 提案の舗装については、日本での実績がないため、スエズ運河橋に用いることが適切かは、判断できない。しかしながら、Masara 橋での実績を考慮すると、GARBLT の責任で実施することにあえて、反対はしない。
2. 鋼床版の減厚測定結果および疲労クラックの調査結果からは、鋼床版の補修・補強は今はいらないと判断する。

2.1.2 その他

(1) 鋼箱桁表面の損傷

検査車で、鋼床版の外面の調査を行った。雨量が少ないこと、元の塗装が良好だったため等から、全体的に損傷は少なかった。

ただし、以下の写真に示すように南側の外側フェアリングに大きな損傷が確認された。フェアリングは構造部材でないため橋の安全性にかかわるものではないが、早急に錆を除去し、補強することを提案する。





(2) 過載トラックの重量制限について

2002年9月から、スエズ運河橋の通行車両は軸重で13トンに制限された。結果、目安として、全体重量は40トンに制限された。軸重は料金所そばの軸重計で検査されている。重量オーバー車両は、北側のフェリー乗り場に誘導されている。

今回の調査中、頻繁に軍の重いトラックが通過していた。岩塩その他との事であった。

概算で、全体重量は60トン程度と推定される。スエズ運河橋、特に舗装、鋼床版の健全度の確保のため、軍のトラックも軸重で13トン、全体重量は40トンに制限されるべきである。



2.2 舗装試験施工の評価

舗装の現地試験施工は実施されていなかった。従って、舗装の引き抜き試験も行われなかった。従って調査チームは試験施工の評価を行うことはできなかった。

GARBLT 提案の舗装は、図 2.2.1 である。この舗装採用の可否についての調査チームの判断を以下に示す。

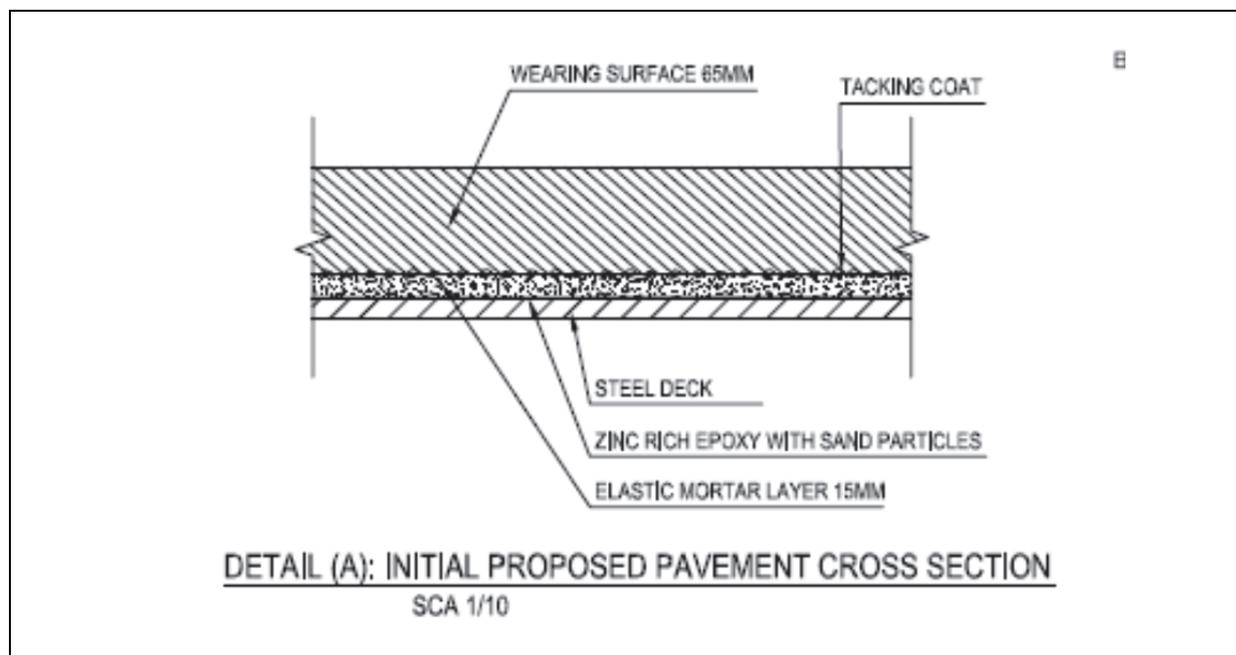


図 2.2.1 GARBLT 提案の舗装

GARBLT 提案の舗装については、日本での実績がないため、スエズ運河橋に用いることが適切か、調査チームは判断できない。しかしながら、Masara 橋での実績を考慮すると、GARBLT の責任で実施することにあえて、反対はしない。

調査を行った Masara 橋の概要；

Masara 橋の床版構造は、U リブ付きの鋼床版である。この鋼床版はスエズ運河橋で採用される鋼床版構造と類似である。

当橋は地下鉄の建設に合わせて、1988 年にフランスの業者によって造られた。また設計もフランスの業者によって実施されている。今回スエズ運河橋の担当である ACE コンサルタントの Meguid 氏によると同業者により、製作も監理されたとのことである。当橋の舗装は、1994 年 1 月 1 日から 3 月 22 日に、スエズ運河橋に採用予定の舗装構成で再舗装されている。

その後、現在に至るまで、写真に示すように、良好な状態を維持している。



1. 交通量はさほど多くないが、時々、大型のトラックが通過する。



2. Masara 橋の鋼床版構造は、スエズ運河橋のものと類似している。



3. 舗装状況はかなり良好である。鋼床版の上面に錆は確認されない。鋼床版の黄色の部分プライマーの Zinc Chromate である。



4. コア抜きされた舗装。良好である。

2.3 鋼床版の健全度調査および安全性の評価

2.3.1 鋼床版表面の調査

線状の錆は貫通した疲労クラックの発生可能性を示唆するが、線状クラックは認められなかった。

しかしながら、線状の錆がないことが、疲労クラックがないことを保証するものではない。疲労クラックの確認は鋼床版下面のUリブまわりを調査する必要がある。(2.3.3 参照)



図 2.3.1、2.3.2 に示すように舗装クラックは、概ねタイヤの通過位置と一致する。また、舗装クラックはUリブ内の中央または2つのUリブの間で発生している。この事は、舗装クラックが補強のリブプレートのない鋼床版の上面で発生していることを示す。これは、2012年調査の報告書にも記載されている。

舗装クラックは、Uリブ内の中央、および2つのUリブの間の無補剛位置にて、鋼床版の変形によって生じていると推察される。

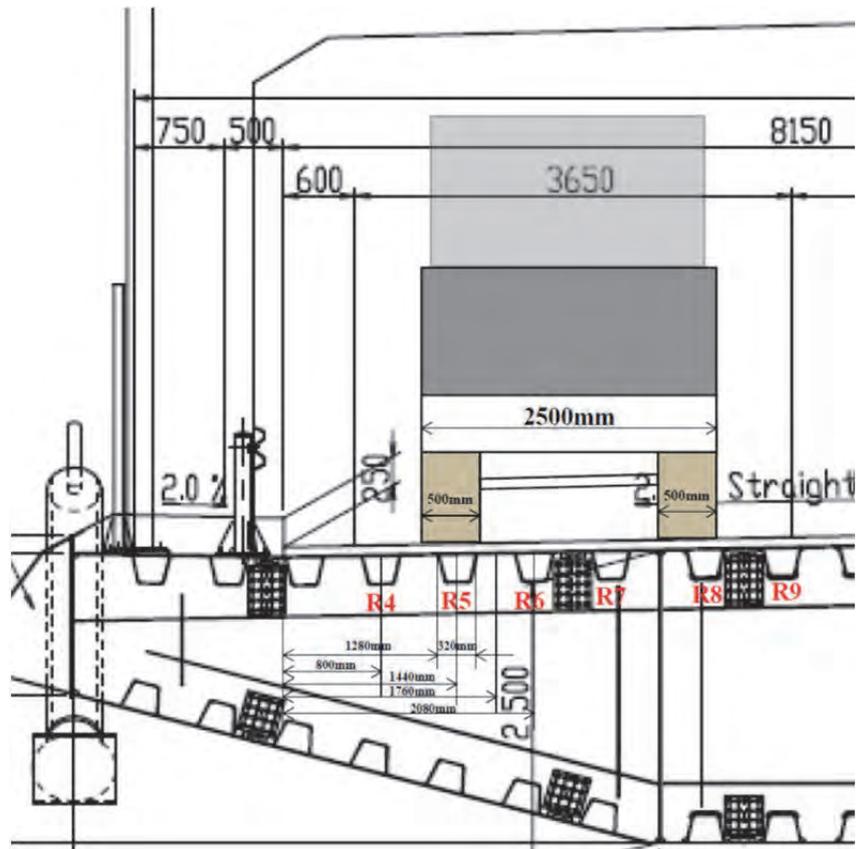


図 2.3.1 路肩から、U リブ中央またはU リブ間中央までの距離



図 2.3.2 補修された舗装クラック位置とU リブ位置の関係

鋼床版の錆状況は以下の写真の通りである。



鋼床版のR4 Uリブの溶接位置は路肩端から64cmで写真の沓の位置である。



西側主塔近傍の錆状況。このあたりが最も錆が多い区間と思われる。



北側車線、西側主塔近傍の錆



錆の発生位置は舗装クラックの発生位置の両サイドである。中央部分は良好である。

2.3.2 鋼床版厚の測定

第一回調査は、北側車線、西側半分で実施した。調査位置は別添位置図に示す。調査結果は表 2.3.1 に示すとおりである。健全な部分では、当初厚さの 12mm または、これに近い値をしめしている。

一方、錆が発生している箇所では、表面がスムーズでなく、計測は不確実であった。12mm 以上の結果は、正しくないと判断される。

最小厚さが測定されたのは、赤で示す、Extra1 で 11.21mm であった。この箇所は予定の測定箇所以外で観察され、表面が平坦でなく、異常値を示したため、グラインダーで最小限の均しを行い測定したものである。D6 の 11.66mm は当初 11.97mm であったが、同様に、グラインダーで最小限の均しを行い再測定したものである。測定は、より錆が発生している箇所を選定しているため、測定結果は、実際の平均厚さよりは、小さくなっていると思われる。

測定結果全体から、錆は、車線の両サイド及び北側車線の中央に多く発生していた。その他の部分は概ね健全であった。

表 2.3.1 北車線・西側の鋼床版厚の測定結果 (mm)

橋梁 西側端部から の距離	北車線 (Sinai から Ismailia への西向き)				
	測点	中央分離帯側			路肩側
		A	B	C	
15m	1	11.83	11.70	11.70	11.97
30m	2	11.67	11.97	11.85	11.81
55m	3	11.90	12.01	11.76	12.09
58m	Extra1				11.21
80m	4	12.03	11.91	12.17	12.04
115m	5	11.94	11.97	12.06	12.09
150m	6	11.94	12.09	12.01	11.66
163m	Tower				
200m	7	12.10	12.07	11.95	12.01
250m	8	11.88	12.07	11.88	12.01
290m	Extra2	11.85			
300m	9	11.91	12.00	12.15	12.12
350m	10				
365m	Center				



1. 北車線の測定部分全景



2. 白い部分は比較的良好。錆は両サイド及び中央に多く発生している。



3. A1 測定



4. C1 測定



5. D1 測定



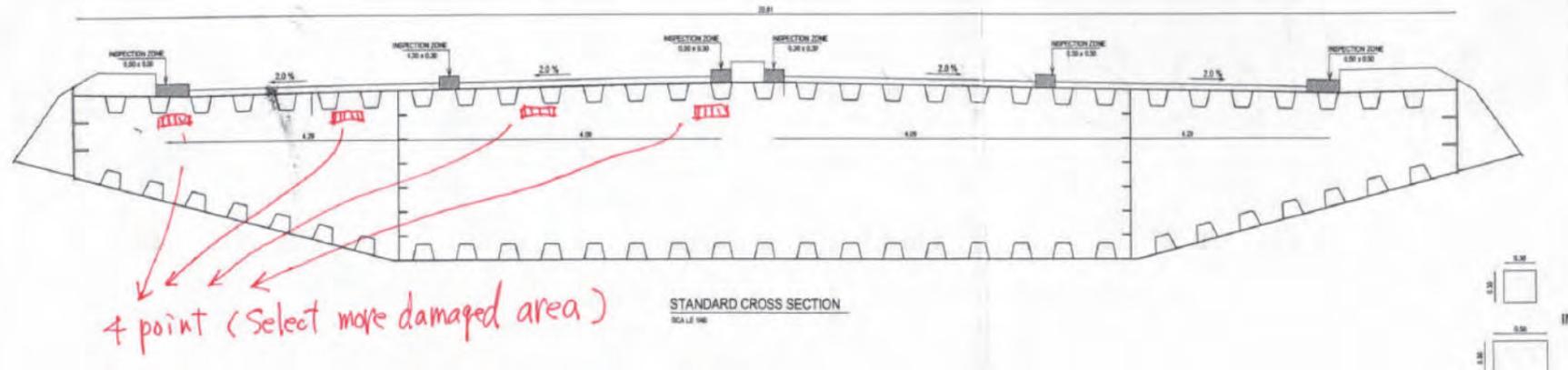
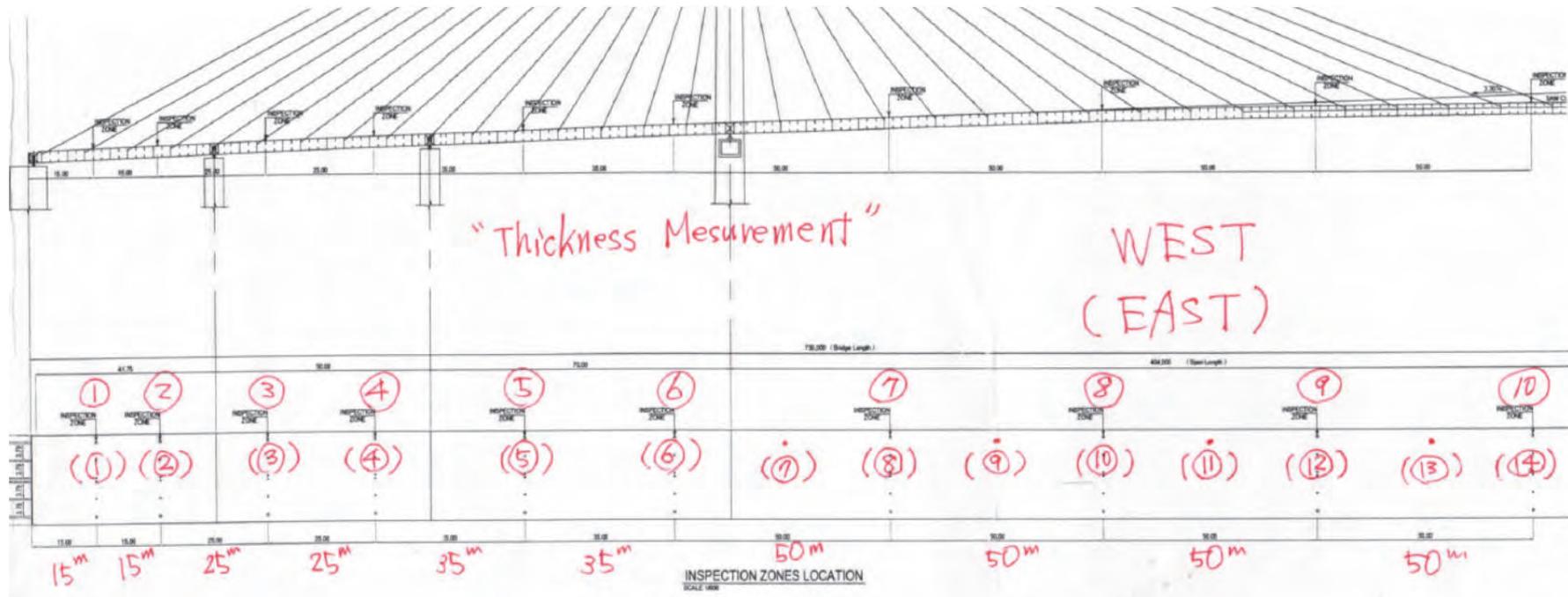
6. A2 測定

第二回調査は、2月18日に北側車線、東側で実施した。調査位置は別添位置図に示す。調査結果は表2.3.2に示すとおりである。平均厚さは11.83mmであったが、東端ジョイント付近で大きな減厚が測定された。最小値で11.16mm。

表 2.3.2 北車線・東側の鋼床版厚の測定結果 (mm)

北車線 (Sinai から Ismailia への西向き)					
橋梁中央からの距離	測点	中央分離帯側			路肩側
		A	B	C	D
-30m	1	12.05	11.81	11.77	12.01
-15m	2	11.97	11.84	11.97	11.92
10m	3	12.01	11.97	12.02	12.07
35m	4	11.87	11.89	11.93	11.78
60m	5	11.87	11.98	11.86	11.98
85m	6	11.96	11.95	11.95	12.01
110m	7	11.74	11.22	12.00	11.81
135m	8	11.63	11.75	11.92	11.82
160m	9	11.87	11.75	11.78	11.91
185m	10	12.01	11.88	11.99	11.98
210m	11	11.85	11.84	11.81	11.95
235m	12	11.81	11.69	11.78	11.64
260m	13	11.91	12.05	11.65	11.87
285m	14	11.68	11.51	11.60	11.78
310m	15	11.92	11.91	12.01	11.81
335m	16	11.87	11.99	11.60	11.81
360m	17	11.66	11.34	11.16	11.65
				全平均	11.83

	グラインダー後の再測定
--	-------------



2.3.3 箱桁内部の調査

疲労クラックは車輪の直下に直接的に生じやすい、またクラックの発生しやすいUリブまわりも着目される。図2.3.3は疲労クラックの発生しやすいUリブ位置を示している。R5のUリブが最も発生の可能性が高いと思われる。2012年調査では、R6のUリブが調査されたが、今回はR6に加えR5のUリブも調査の対象とした。

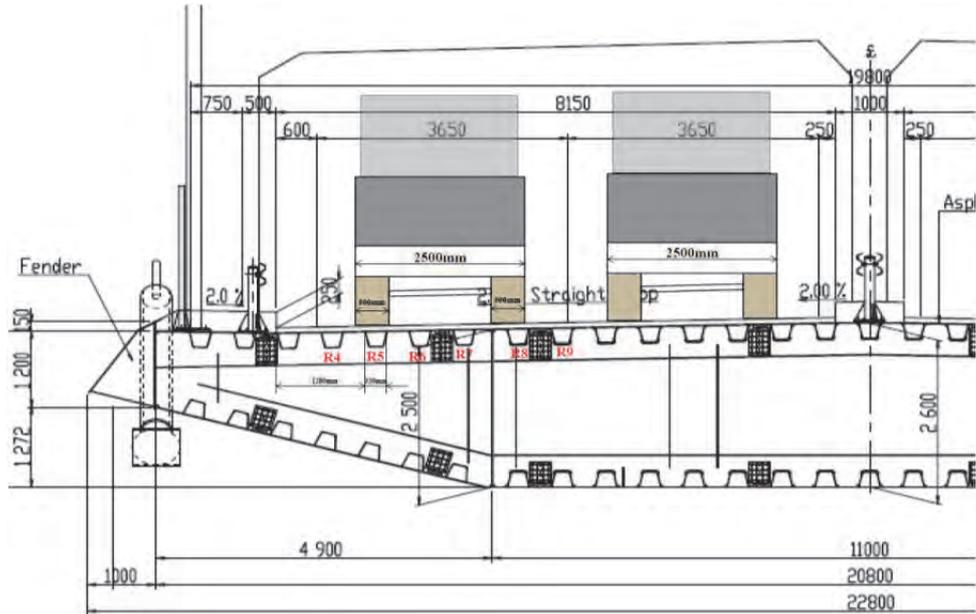


図 2.3.3 車輪直下のUリブ。

調査チームは箱桁内に入り、2012年に調査された図2.3.4の5か所の調査を行った。もしクラックが確認されれば、これは2012年以降に発生したことになる。R6とR5を中心に調査を行ったが、疲労クラック発生兆候となるペンキの割れは認められなかった。

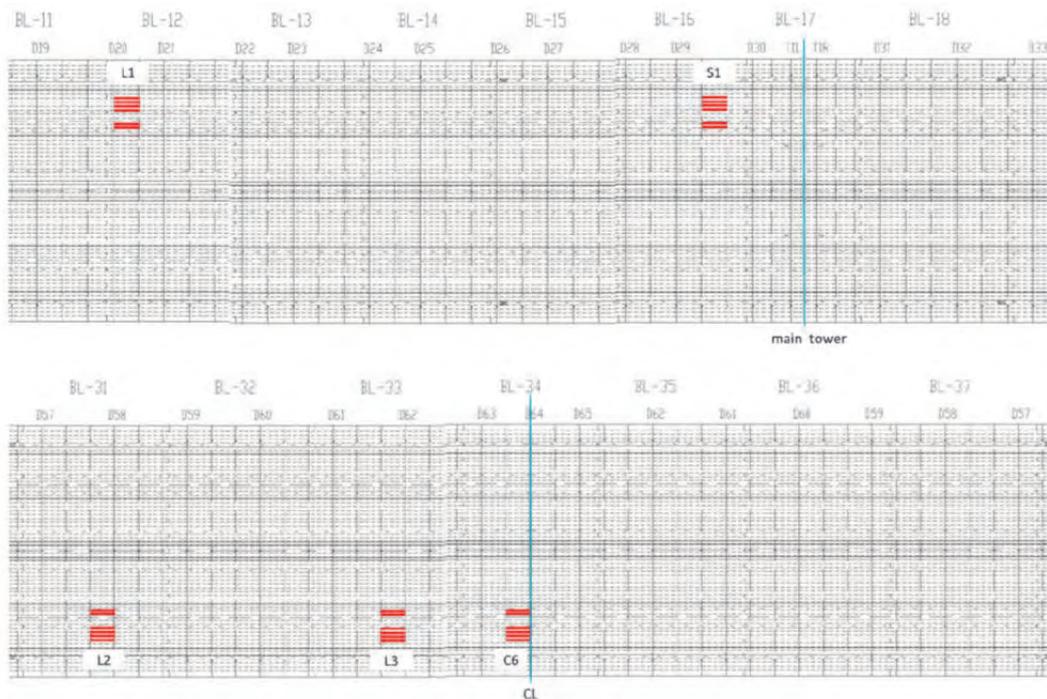


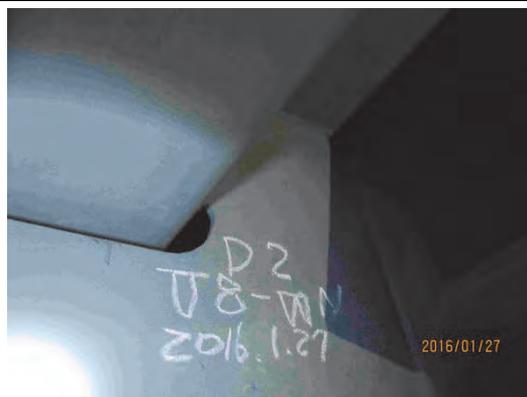
図 2.3.4 2012年調査のL1, S1, L2, L3, C6の位置

 <p>1. L1 位置</p>	 <p>2. S1 位置</p>
 <p>3. L2 位置</p>	 <p>4. L3 位置</p>
 <p>5. C6 位置</p>	

調査チームは加えて、R8のUリブまわりの調査を行った。調査は西側サイドスパン全体と中央スパン西側半分の北側R8、南側R8で行った。疲労クラック発生の兆候となるペンキの割れは認められなかった。



1. D2 ダイアフラムのR8 リブ (南側東面)



2. D2 ダイアフラムのR8 リブ (北側東面)



3. D50 ダイアフラムのR8 リブ (南側東面)



4. D58 ダイアフラムのR8 リブ (南側東面)

2.3.4 鋼床版調査の結論

鋼床版の健全度調査および安全性評価の結論は以下に述べるとおりである。

鋼床版の減厚測定結果を図 2.3.5 の安全性検討結果と照合し問題ないこと、および疲労クラックの調査結果から疲労クラックの発生の可能性はないことから、鋼床版の補修・補強は今は必要ないと判断する。

- デッキプレートの板厚が 12.0mm、11.5mm、11.0mm の場合の、縦リブの設計応力を表 4.1.4 に示す。デッキプレートの板厚が 11.0mm になった場合でも、応力変動は 1%未満で問題なく、許容応力度 $\sigma_a=1400\text{kg/cm}^2$ に対しても十分余裕がある。

表 4.1.4 デッキプレート板厚別の縦リブ設計応力の比較 $\sigma:\text{kg/cm}^2$

デッキプレート板厚	t=12.0mm	t=11.5mm	t=11.0mm
曲げモーメント Mmax	$\sigma = 1097 (1.000)$	$\sigma = 1102 (1.005)$	$\sigma = 1106 (1.008)$
曲げモーメント Mmin	$\sigma = -1134 (1.000)$	$\sigma = -1139 (1.004)$	$\sigma = -1144 (1.009)$

図 2.3.5 2012 年調査報告書 (抜粋)

2.4 舗装工事（その1；北側車線）

2.4.1 サンドブラストおよびプライマーの試験施工

サンドブラストとプライマーの試験施工は2月11日、橋梁の西側ジョイント付近で行われた。

(1) サンドブラスト

サンドブラスト後の表面は概ね良好であった。しかしながら、部分的には錆が残っていたため、GARBLT は SAMCO に、実施工時には、丁寧に除去するよう指示した。サンドブラスト用の砂は、近隣のもの塩分を含むため、これは使用していない。

(2) プライマー

Zinc Chromate (Polymar 730CH) がプライマーとして使われている。

スプレーによる塗布とローラーによる塗布の比較を行い、施工性、均一性からローラーによる方法を採用した。プライマーの仕様を図 2.4.1 に示す。





شركة الصناعات الكيماوية للبناء « بوليمار »
Chemical Industries For Construction Co. " POLYMAR "

الطبقات الإيبوكسية
EPOXY COATINGS
الإيبوكسي متعدد الأغراض
MULTIPURPOSES EPOXY
واصل التمدد الخاطي
JOINT SEALANTS
دهانات الحديثة
MODERN PAINTS
جرانيت
GRANULITE
مواد عازلة للرطوبة
WATERPROOFING
المونة الإيبوكسية
EPOXY MORTAR
إيبوكسي لاصق
EPOXY ADHESIVE
عزل الأسطح
POORING COMPOUNDS
مونة غير قابلة للتكماش
NON-SHRINK GROUT
إضافات الخرسانة
CONCRETE ADDITIVES
مركبات اللاصقة
BONDING AGENTS
لاصق السيراميك والتيشان
TILING ADHESIVES
دهان إيبوكسي ضد الصدأ
ANTICORROSION EPOXY
مركبات معالجة الخرسانة
CURING COMPOUNDS

POLY POXY 730 Ch.
ZINC CHROMATE EPOXY

POLY POXY 730 Ch. : Is a polyamino amide epoxy paint modified with zinc chromate to provide protection against corrosion for steel structures (steel skeletons and steel bridge decks..etc ...).

TECHNICAL DATA :

Colour	yellow
Mixing Ratio	1 : 5 by weight
Pot life	60 min. at 23 ^o C.
Coverage	300 g/m ²
Shelf life	12 months

DIRECTIONS FOR USE :

- * Substrate must be dry and free of oil and other impurities.
- * Substrate must be free of rust. Sand plating is recommended.
- * The 2 components must be thoroughly mixed together just before application.
- * Apply by brush, roller or spray.
- * Apply perpendicularly in case of double coatings.

PACKAGES :

5 kgs, or doubles.

For More details ... Consult our technical service section

FACTORIES : EL - SADAT CITY, 3rd AREA.
OFFICE : 11, EL - EBOOR BUILDING SALAH - SALEM ST, NASR CITY - CAIRO
TEL : 2613691 - 2634013 - FAX : 202 / 2617877

76 - ٧٦

图 2.4.1 プライマーの仕様

2.4.2 サンドブラストおよびプライマーの本施工

サンドブラストおよびプライマーの本施工は2月13日に橋梁の中央部から西側に向かって始められた。サンドブラストによる表面処理には、かなり時間を要するため、GARBLTおよびACEはSAMCOに機械および作業員を増やすよう要請した。

 <p>2016/02/14</p>	 <p>2016/02/13</p>
<p>1. サンドブラスト作業</p>	<p>2. サンドブラスト用の砂</p>
 <p>2016/02/13</p>	 <p>2016/02/13</p>
<p>3. サンドブラスト後</p>	<p>4. サンドブラスト後 (錆の多い部分)</p>
 <p>2016/02/14</p>	 <p>2016/02/16</p>
<p>5. サンドブラスト後</p>	<p>6. プライマー塗布(Zinc Chromate)</p>
 <p>2016/02/16</p>	 <p>2016/02/17</p>
<p>7. プライマーの塗布後</p>	<p>8. プライマーの塗布後</p>

第 3 章 現地調査 2（南側）

3.1 現地調査 2 の概要

北側舗装工事の状況

北側の舗装工事は 2016 年 8 月に完了し、交通解放されていた。舗装状況は良好であった。一方、今後、引き続き舗装の状況調査は行う必要がある。



現場調査は、2016 年の 8 月 31 日から 9 月 8 日に実施された。結果は以下の通りである。

鋼床版の減厚測定結果および疲労クラックの調査結果からは、鋼床版の補修・補強は今はいらないと判断する。

3.2 鋼床版の健全度調査および安全性の評価（南側）

3.2.1 鋼床版表面の調査

既存舗装の撤去は、作業員が北側で経験済みであったため、非常にスムーズに行われた。また北側で鋼床版の切削キズを生じていたが、南側では、鋼床版の上 2 cm で、カットを止めたため、鋼床版表面の切削キズは発生しなかった。

線状の錆は貫通した疲労クラックの発生可能性を示唆するが、線状クラックは認められなかった。しかしながら、線状の錆がないことが、疲労クラックがないことを保証するものではない。疲労クラックの確認は鋼床版下面の U リブまわりを調査下した。（3.2.3 参照）



舗装撤去



舗装切断面 (鋼床版から 2cm 上まで)



鋼床版表面 (清掃前)



南側道路端の錆 (清掃前)



鋼床版表面 (清掃後)



大きな錆 (清掃後)

3.2.2 鋼床版厚の測定

測定結果を下表に示す。健全な部分では、当初厚さの 12mm または、しれに近い値をしめしている。一方、錆の発生している箇所では、表面がスムーズでなく、計測は不確実であった。表面が平坦でなく、異常値を示した部分は、グラインダーで最小限の均しを行い測定した。

南側の鋼床版の減厚は、北側に比べて、やや大きい結果となった。

図 3.2.1 鋼床版板厚測定結果(mm)

South Lane (East Bound, Ismailia to Sinai)					
Distance From Steel Box End of East(m)	Point	Center of Bridge		Bridge Edge	
		A	B	C	D
0.5	1	11.75	11.73	11.45	11.73
25.0	2	11.66	11.81	11.78	11.79
50.0	3	11.95	11.72	11.67	11.93
75.0	4	11.75	11.75	11.60	11.64
100.0	5	11.08	11.91	11.48	11.99
125.0	6	11.64	11.49	11.72	11.44
150.0	7	11.94	11.05	11.76	11.52
175.0	8	11.91	11.45	11.87	12.11
200.0	9	11.66	11.15	11.90	11.75
225.0	10	11.62	11.44	12.00	11.93
250.0	11	11.70	11.22	11.56	11.61
275.0	12	11.93	11.27	11.57	11.78
300.0	13	11.95	11.82	11.31	11.80
325.0	14	12.00	11.75	11.62	11.80
350.0	15	11.92	11.97	11.48	12.06
375.0	16	11.93	11.94	11.81	11.85
400.0	17	11.95	12.02	11.60	11.94
425.0	18	11.81	11.06	11.57	11.84
450.0	19	12.11	12.02	11.44	12.00
475.0	20	12.03	12.07	11.76	11.90
500.0	21	11.94	11.97	12.05	11.95
525.0	22	12.16	11.67	11.51	11.52
550.0	23	12.05	11.99	11.54	11.60
575.0	24	11.85	11.54	11.52	1.99
600.0	25	11.58	11.22	11.51	11.51
625.0	26	11.90	11.28	11.97	12.19
650.0	27	11.87	11.23	11.66	11.54
675.0	28	11.50	11.21	11.13	11.67
700.0	29	11.55	11.95	11.79	11.95
725.0	30	11.39	11.54	11.78	11.90
150-0.5m			11.35		
150+0.5m			11		
150(D-1.0m)			11.26		
				AVE=	11.63



横断方向の測定点



清掃後の測定予定点



グラインダーがけ



グラインダーがけ後の表面



測定作業



測定結果例

3.2.3 箱桁内部の調査

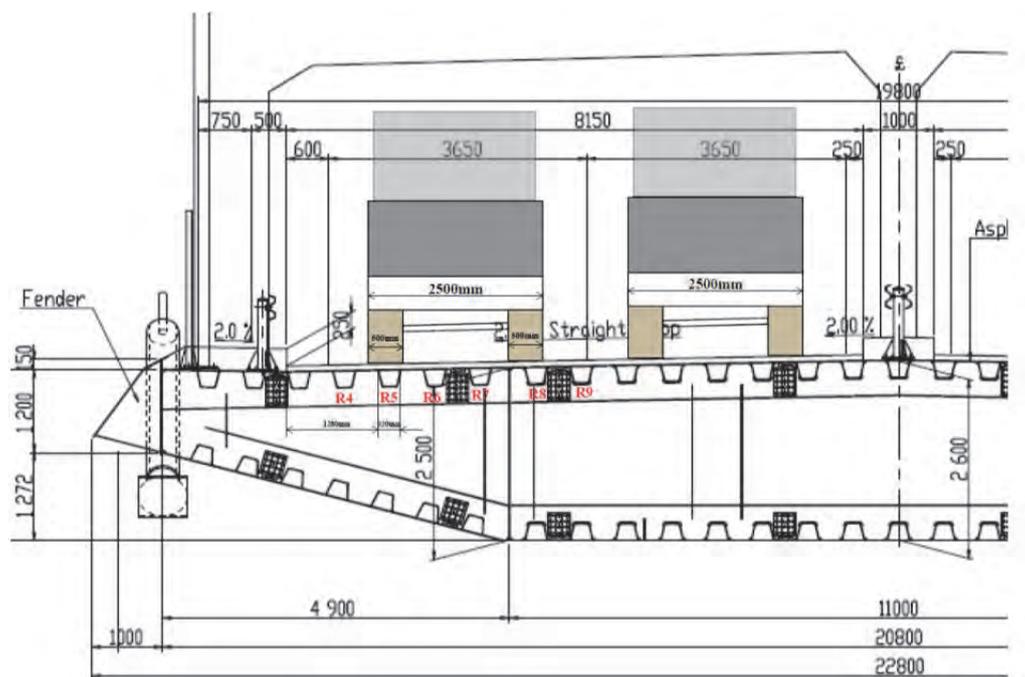
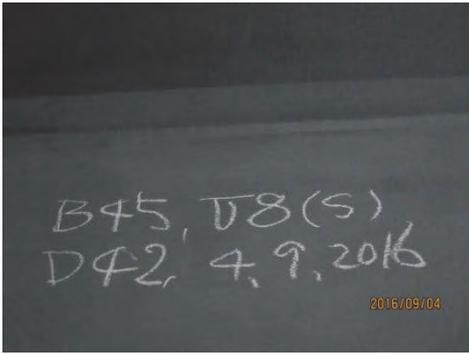
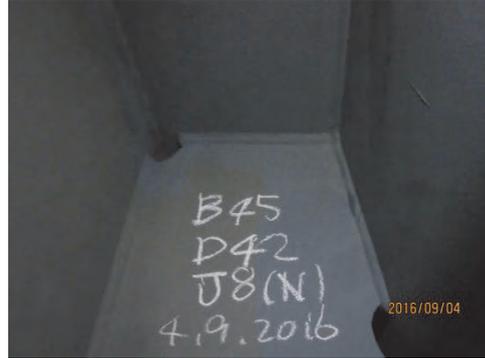


図 3.2.2 車両直下の U リブ

箱桁内部で疲労クラックの調査を行った。図 3.2.3 に示す、BL 40 から BL 65 を調査した。主に北側、南側の R8 の U リブまわりを調査した。結果、疲労クラック発生の兆候となるペンキの割れは認められなかった。



BL45 D42, U8 (South).



BL45 D42, U8 (North).



BL40 D51, U8 (South).



BL55 D23, U8 (South).



BL60 D14, U8 (South).



BL65 D5, U8 (South).

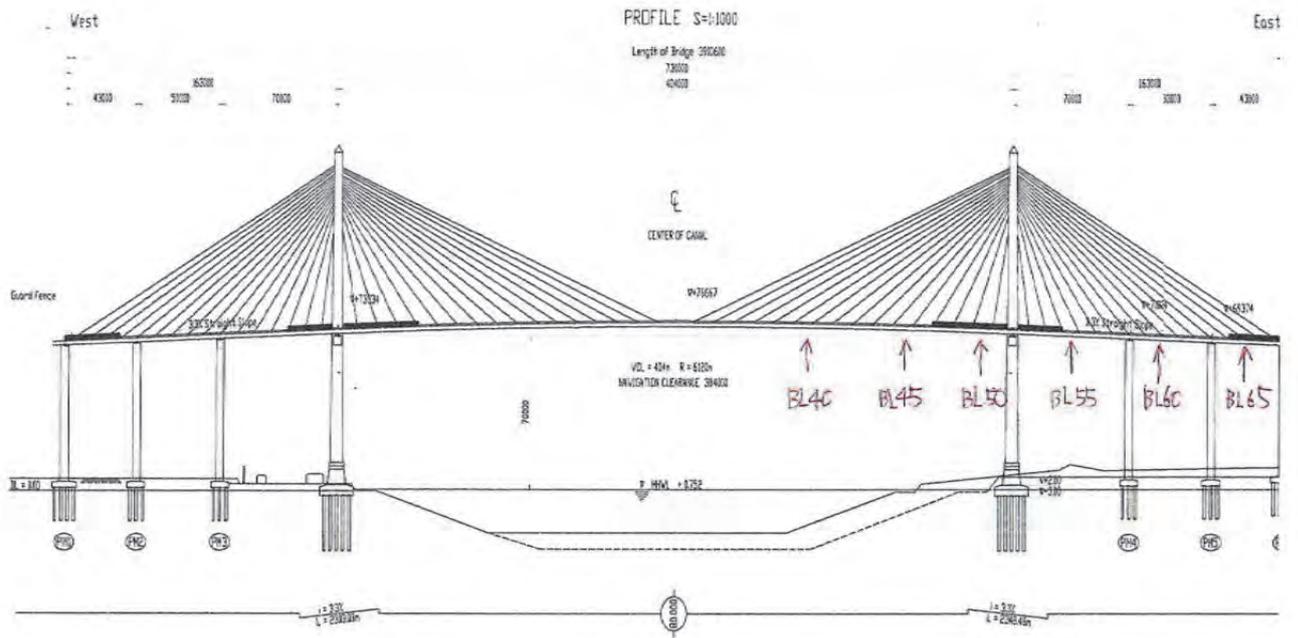


図 3.2.3 調査位置

3.2.4 鋼床版調査の結論

鋼床版の健全度調査および安全性評価の結論は以下に述べるとおりである。

鋼床版の減厚測定結果を図 3.2.4 の安全性検討結果と照合し問題ないこと、および疲労クラックの調査結果から疲労クラックの発生の可能性はないことから、鋼床版の補修・補強は今は必要ないと判断する。

- デッキプレートの板厚が 12.0mm、11.5mm、11.0mm の場合の、縦リブの設計応力を表 4.1.4 に示す。デッキプレートの板厚が 11.0mm になった場合でも、応力変動は 1%未満で問題なく、許容応力度 $\sigma_a=1400\text{kg/cm}^2$ に対しても十分余裕がある。

表 4.1.4 デッキプレート板厚別の縦リブ設計応力の比較 $\sigma:\text{kg/cm}^2$

デッキプレート板厚	t=12.0mm	t=11.5mm	t=11.0mm
曲げモーメント Mmax	$\sigma= 1097 (1.000)$	$\sigma= 1102 (1.005)$	$\sigma= 1106 (1.008)$
曲げモーメント Mmin	$\sigma= - 1134 (1.000)$	$\sigma= - 1139 (1.004)$	$\sigma= - 1144 (1.009)$

図 3.2.4 2012 年調査報告書 (抜粋)

3.3 鋼床版の維持管理計画

(1) 舗装

北側車線は、GARBLT が提案した舗装形式で施工が完了した。結果は良好であるが、施工して時間がさほど経っていないため、今後長期に渡って舗装表面の調査は継続されるべきである。もし、前回のような致命的なクラックが発生した場合には、代替案の検討が必要である。

JICA チームとしては、耐久性が高く、日本での実績が多いグースアスファルトを推奨する。一方、ヨーロッパでは“マスティックアスファルト”が鋼床版の舗装として用いられている。これは、ほぼグースアスファルトと同等の品質であると言われており、BS1447 に記載されている。“マスティックアスファルト”は現在施工中のトルコのイズミット橋に採用されている。以下にその断面構成をしめす。

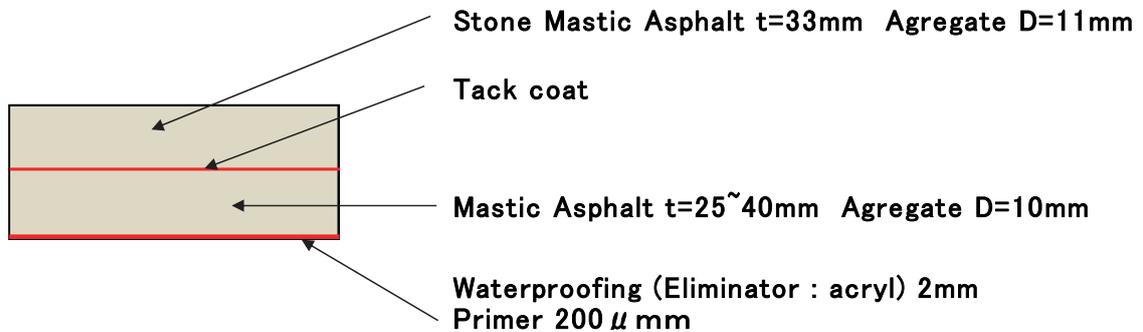


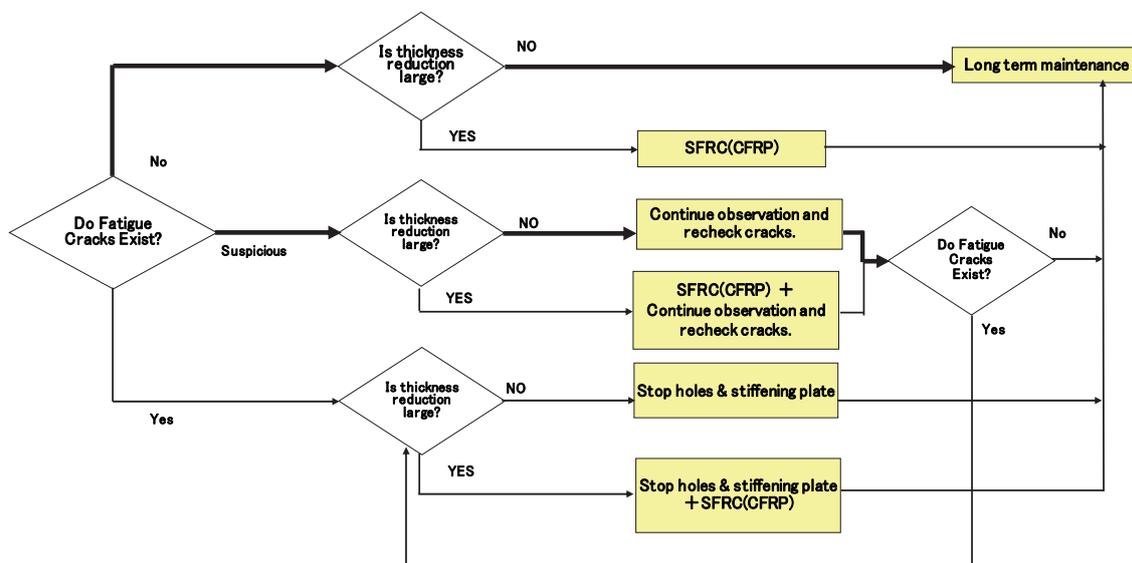
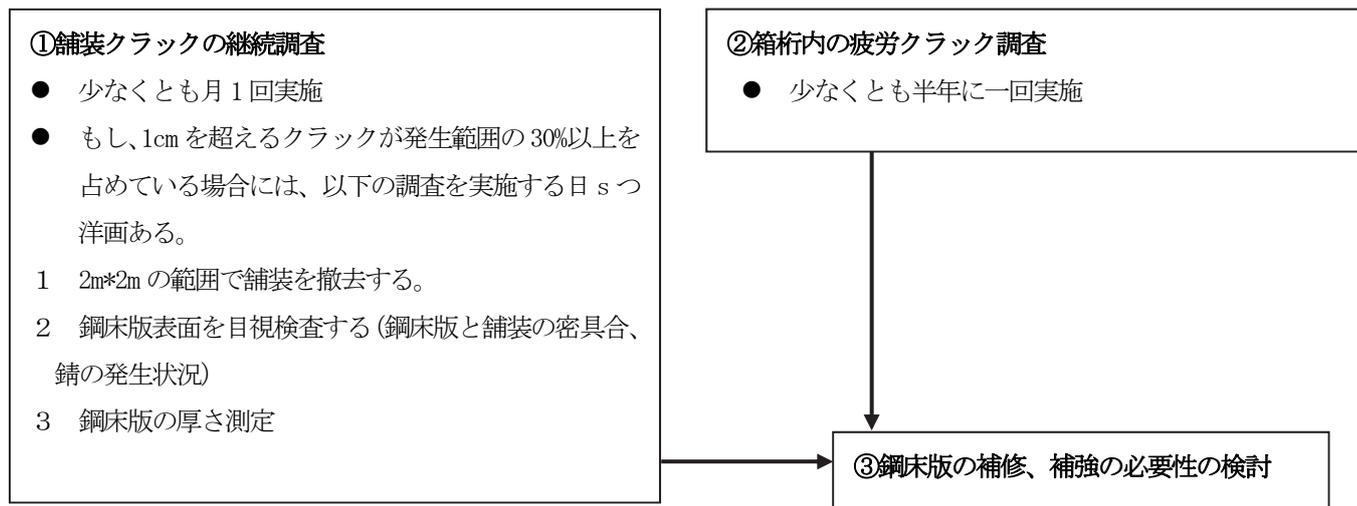
図3.2.5 イズミット橋での“マスティックアスファルト”の断面構成

(2) 鋼床版の補修

鋼床版の健全度調査および安全性評価の結論は以下に述べるとおりである。

鋼床版の減厚測定結果、および疲労クラックの調査結果から疲労クラックの発生の可能性はないことから、鋼床版の補修・補強は今必要ないと判断する。

従って、今後は図 3.2.6 に示すように、“長期の維持管理”が主体となる。鋼床版の管理としては以下に示す項目が重要となる。



Note; This flow assumes the good result of pavement application. If the result is not good, the investigation of suitable pavement methods is needed.

Selection of Reinforcing Method of Orthotropic Steel Deck

図 3.2.6 鋼床版補修のフローチャート

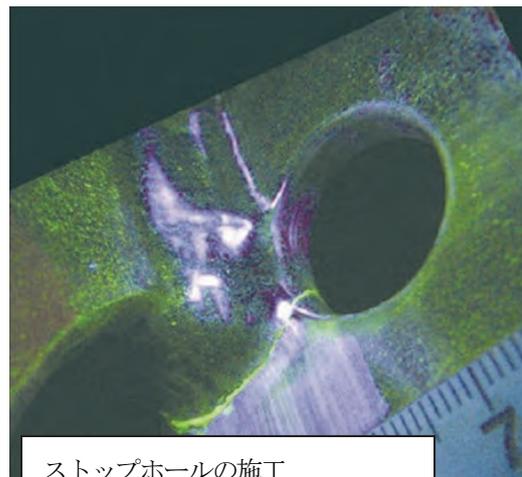
(3) 鋼床版の補強

疲労クラックは鋼床版にとって致命的な欠陥である。よって、もし疲労クラックの発生が確認されたばあには、3-1 に示す補修を行うとともに、3-2 から 3-4 に示す補強方法を検討し、直ちに実施する必要がある。これは、一部の疲労クラックの発生はそこにとどまらず、他部でも発生する可能性が高いためである。

3-1 に疲労クラックの補修方法例を示す。3-3 から 3-4 に補強方法の例を示すが、3-3、3-4 は研究段階のため、日本での実績が多い、3-2 を推奨する。

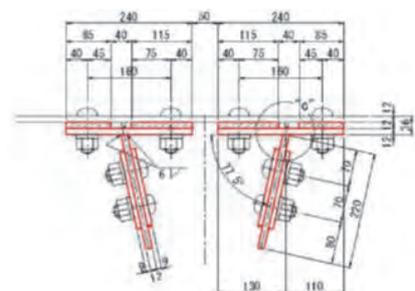
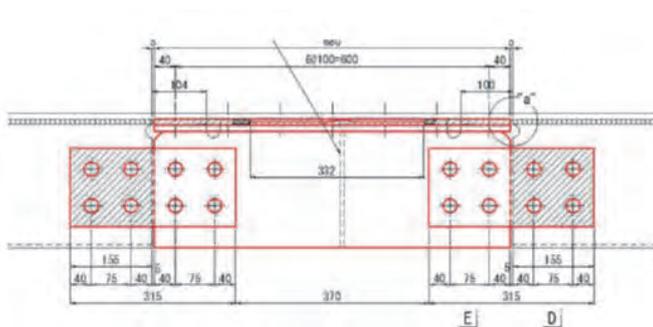
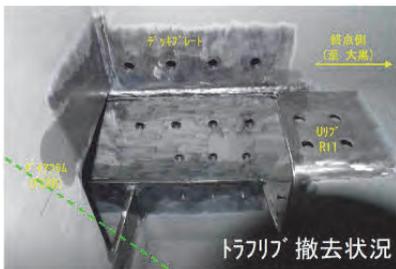


グラインダーによるクラック撤去

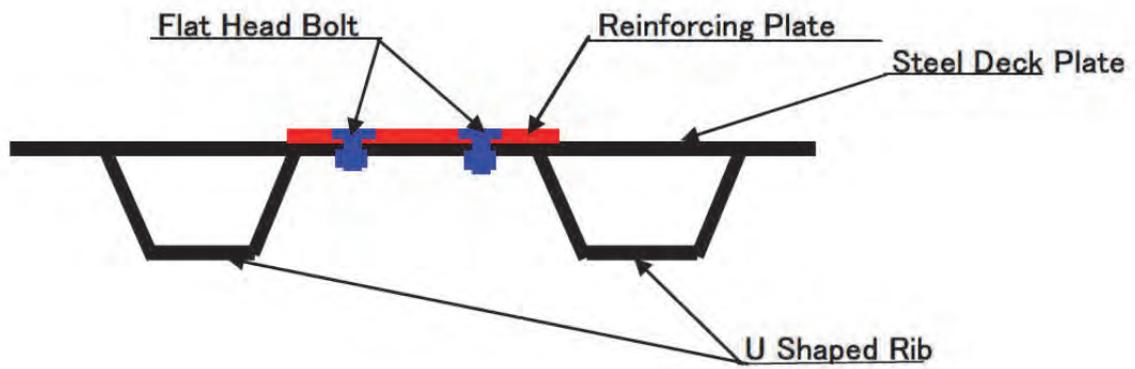


ストップホールの施工

クラックの補修 (クラック部部材の撤去とUリブの交換)

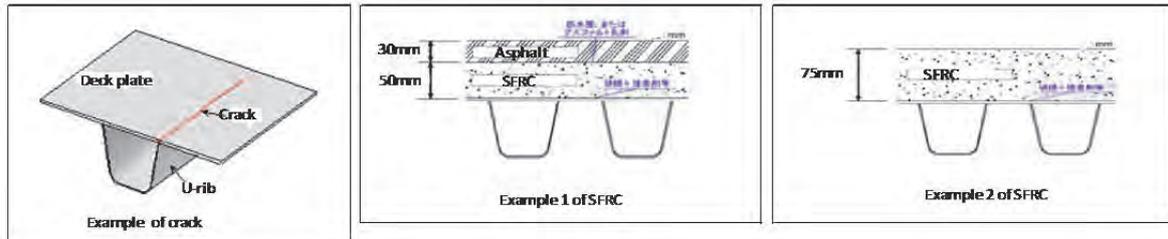


クラックの補修 (デッキプレート部のクラック)

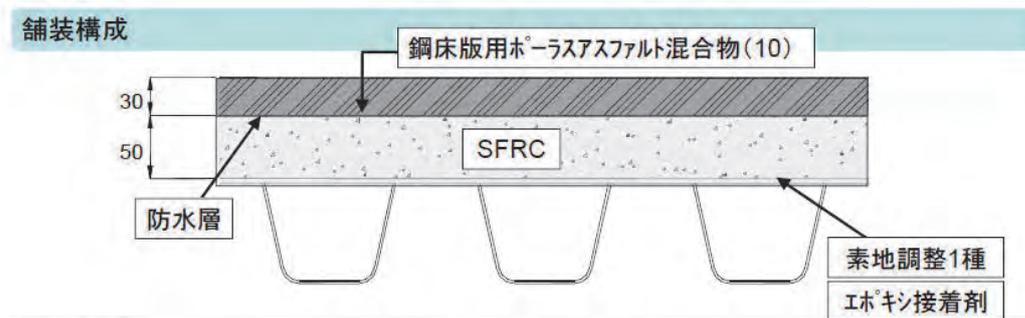


3-2 SFRC (鋼床版の補強)

SFRC (鋼製ファイバーによる補強コンクリート) は疲労クラック発生を防止し、鋼床版の耐久性を高めるため日本で開発された。高性能のエポキシレジンで鋼床版と SFRC 層を密着させる。SFRC は定められた資機材、方法で施工される必要がある。

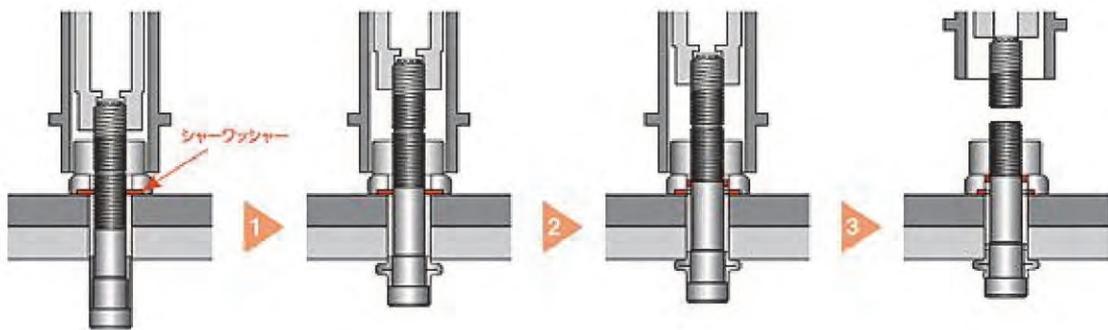
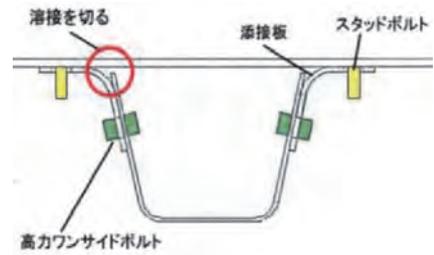
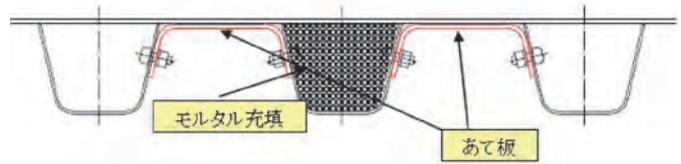


日本では、初期には、鋼床版と SFRC も接着にスタッドボルトが用いられていたが、スタッド周りにクラックが発生したため、現在では、用いられていない。



3-3 鋼床版下面からのみの補強

当補強方法は、鋼床版下面のみからの補強であり、交通を解放したままで、施工ができるメリットがある。現在研究段階であり、今後に期待される。

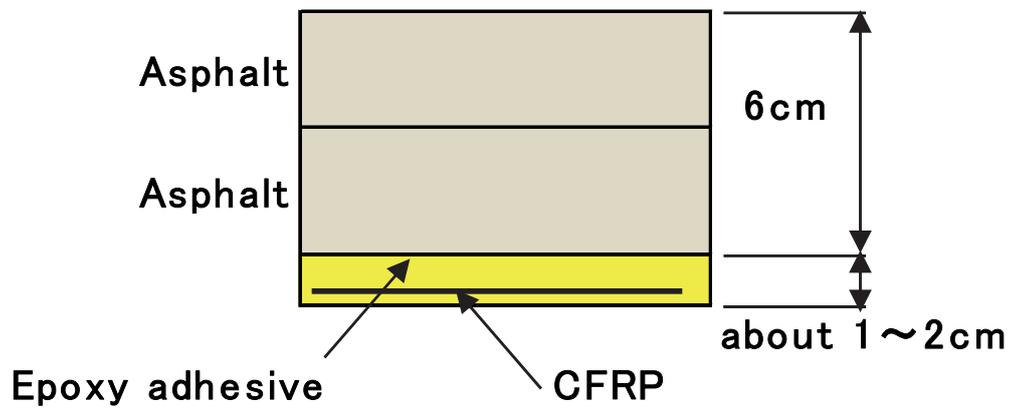


特殊ボルト (外付け)

3-4 CFRP (鋼床版の補強)

CFRP はRCスラブ、RC、PC桁および鋼桁の補強として実績がある。また、最近では橋面側の補強としても用いられるようになってきている。

CFRP は引っ張り側のみ有効であるため、今のところ鋼床版での実績はない。しかしながら、鋼床版が連続版であることから、全体の変形拘束には、有効であると判断される。施工性が良いこともあり、今後研究に値すると思われる。



第 4 章 結論および提言

4.1 現地調査概要(調査1 および調査2 の総括)

4.1.1 舗装

北側車線は、GARBLT が提案した舗装形式で施工が完了した。結果は良好であるが、施工して時間がさほど経っていないため、今後長期に渡って舗装表面の調査は継続されるべきである。もし、前回のような致命的なクラックが発生した場合には、代替案の検討が必要である。

4.1.2 鋼床版の健全度調査および安全性の評価

1 鋼床版の板厚測定結果の総括を以下に示す。

		mm
Average Thickness	North Side	11.87
	South Side	11.63
	Total	11.74
Minimum Thickness	North Side	11.16
	South Side	11.00

2012 の JICA 報告書 (鋼床版の応力度照査) から判断して、現時点では、鋼床版の減厚は問題ないと判断する。

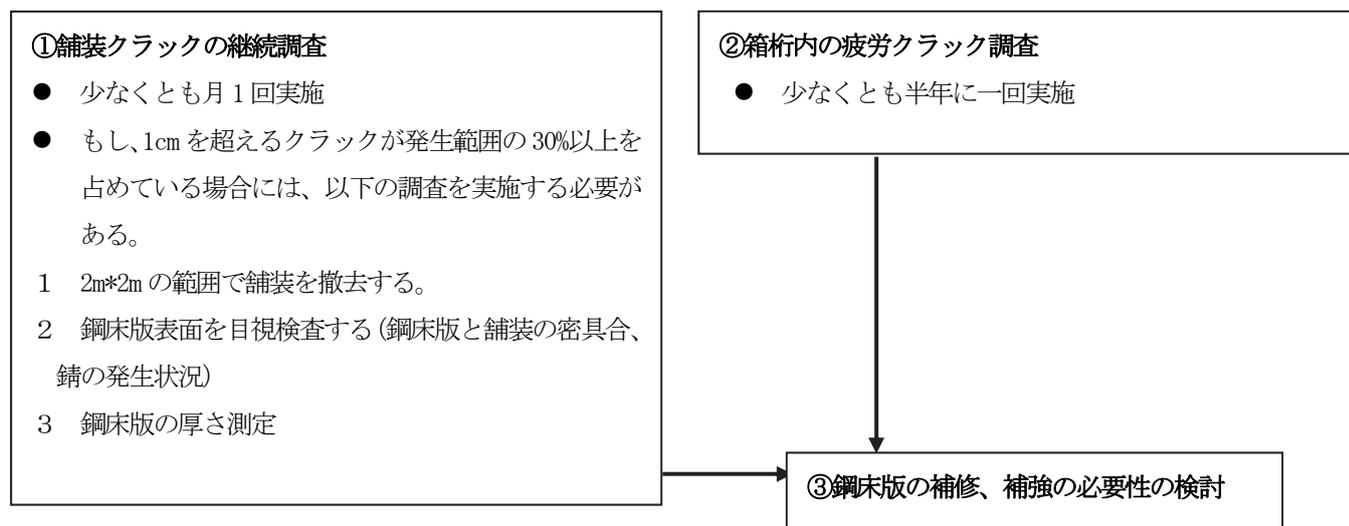
2 箱桁内の疲労クラック調査 (2016 年、1 月 24 日、27 日、および 9 月 4 日実施) を実施したが、疲労クラック発生兆候は見られなかった。

以上の鋼床版の減厚測定結果、および疲労クラックの調査結果から疲労クラックの発生の可能性はないことから、鋼床版の補修・補強は今必要ないと判断する。

4.2 提言

4.2.1 鋼床版の維持管理、補修・補強

鋼床版の減厚測定結果、および疲労クラックの調査結果から疲労クラックの発生の可能性はないことから、鋼床版の補修・補強は今はいらないと判断する。従って、今後“長期の維持管理”が主体となる。鋼床版の管理としては以下に示す項目が重要となる。



①もし、鋼床版の板厚が10mmを下回った場合には、鋼床版の応力度照査を厳密に行うとともに、その安全性を評価する必要がある。

②もし、疲労クラックの発生が確認された場合には、クラックの補修工事を早急に実施するとともに、他部でのクラックの発生が危惧されるため、鋼床版全体の補強方法を検討し、同時に実施する。

4.2.2 過載トラックの重量制限について

2002年9月から、スエズ運河橋の通行車両は軸重で13トンに制限された。結果、目安として、全体重量は40トンに制限された。軸重は料金所そばの軸重計で検査されている。重量オーバー車両は、北側のフェリー乗り場に誘導されている。

今回の調査中、頻りに軍の重いトラックが通過していた。岩塩その他との事であった。

概算で、全体重量は60トン程度と推定される。スエズ運河橋、特に舗装、**鋼床版の健全度の確保**のため、軍のトラックも軸重で13トン、全体重量は40トンに制限されるべきである。



付属資料

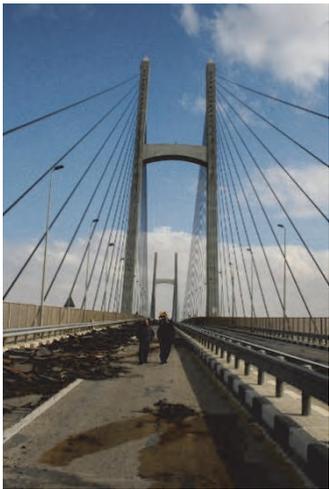
目次

	Page
付属資料 1 鋼床版表面および内部の目視調査.....	1
付属資料 2 鋼床版の板厚測定.....	16
付属資料 3 マサラ橋について.....	20
付属資料 4 舗装工事.....	25
付属資料 5 トレーニング セミナー.....	30
付属資料 6 その他.....	42
付属資料 7 打ち合わせ記録.....	50
付属資料 8 通信文書一覧.....	60

付属資料 1 鋼床版表面および内部の目視調査

2016年1月23日(土)

カンタラのGARBLT事務所で打ち合わせ。GARBLT本所 Mr.アリ氏、ACEコンサルタント、施工業者のSAMCO、JICA向山、松本が参加。現場の舗装撤去状況を視察。

 <p>1. 舗装の撤去状況</p>	 <p>2. 1車線分が舗装撤去。舗装表面のチェック。表面清掃後では、疲労クラックが確認しづらいため、その前に目視検査を行う。</p>
 <p>3. 錆の発生が確認されるが、さほど進んではない。</p>	 <p>4. 鋼床版に接している面の状況。</p>
 <p>5. 鋼床版板厚測定に際して、現地エンジニアはグラインダーで平面に仕上げたが、鋼床版にとって、好ましくないため、最小限にするよう指示。</p>	 <p>6. 板厚測定状況。ここでは、12mmを示している。</p>

2016年1月24日(日)

図1に示すように舗装クラックは、概ねタイヤの通過位置と一致する。また、舗装クラックはUリブ内の中央または2つのUリブの間で発生すると言われる。この事は、舗装クラックが補強のリブプレートのない鋼床版の上で発生していることを示す。これは、2012年調査の報告書にも記載されている。

今回は、R6のUリブを主体に、R5のUリブについてもチェックを行った。

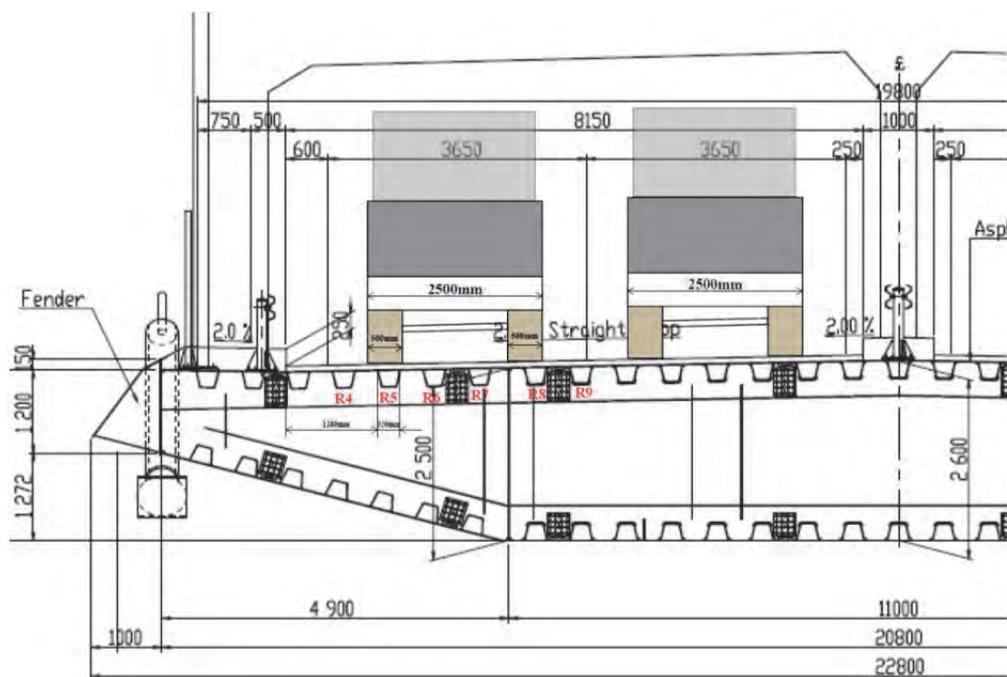


図1 車両直下のUリブ

調査チームは箱桁内に入り、2012年に調査された図2.3.4の5か所の調査を行った。もしクラックが確認できれば、これは2012年以降に発生したことになる。R6とR5を中心に調査を行ったが、疲労クラック発生の兆候となるペンキの割れは認められなかった。

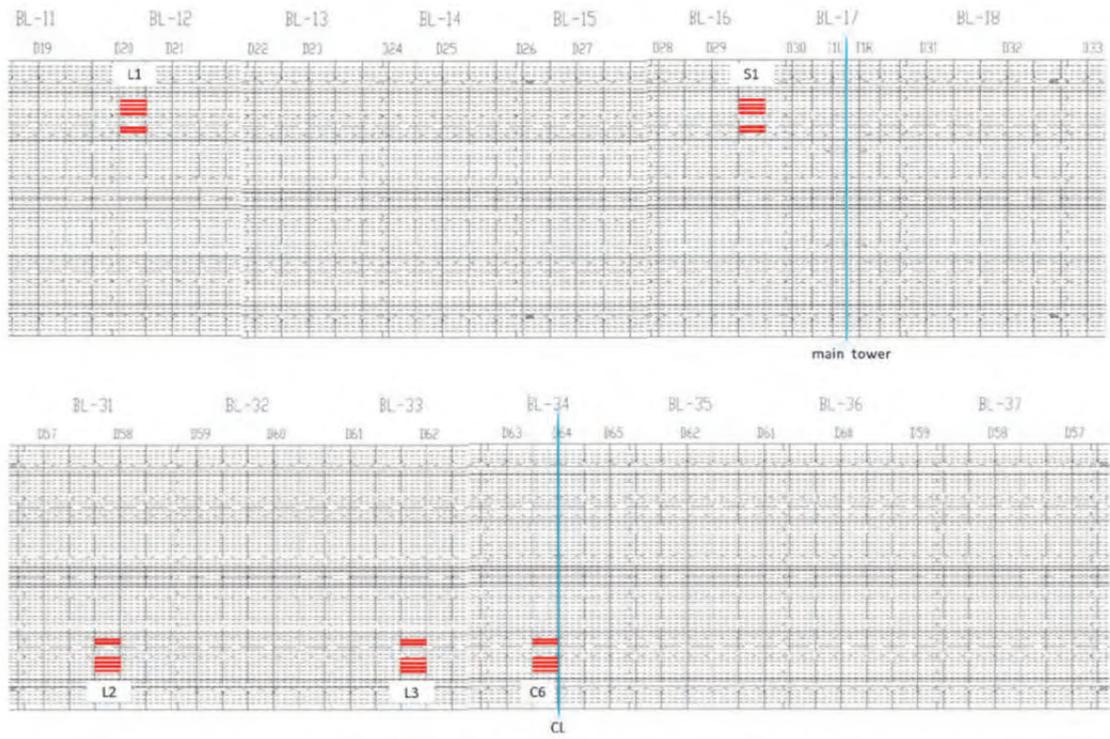


图2 2012年調査L1, S1, L2、L3位置



1. L1 Position



2. S1 Position



3. L2 Position



4. L3 Position



5. C6 Position



6. 箱桁の入り口。鳥の糞が散乱している。

2016年1月26日(火)



1. 北側車線の東側。西側を望む。舗装の補修状況が確認される。



2. 走行車線で、5線の補修が確認される。これらはUリブの中央および、Uリブ間に一致する。



3.ここでは、車線端部に舗装修正が確認され、これはR4リブの中央に一致する。しかしながら、走行車両のタイヤ位置とは一致しないため、原因は不明瞭である。



4. 南側の舗装補修状況。



5. 橋梁中央付近の舗装補修状況。



6.主塔付近での舗装撤去後の状況。



図 1、2 に示すように舗装クラックは、概ねタイヤの通過位置と一致する。また、舗装クラックは U リブ内の中央または 2 つの U リブの間で発生している。この事は、舗装クラックが補強のリブプレートのない鋼床版の上で発生していることを示す。これは、2012 年調査の報告書にも記載されている。

舗装クラックは、U リブ内の中央、および 2 つの U リブの間の無補剛位置にて、鋼床版の変形によって生じていると推察される。

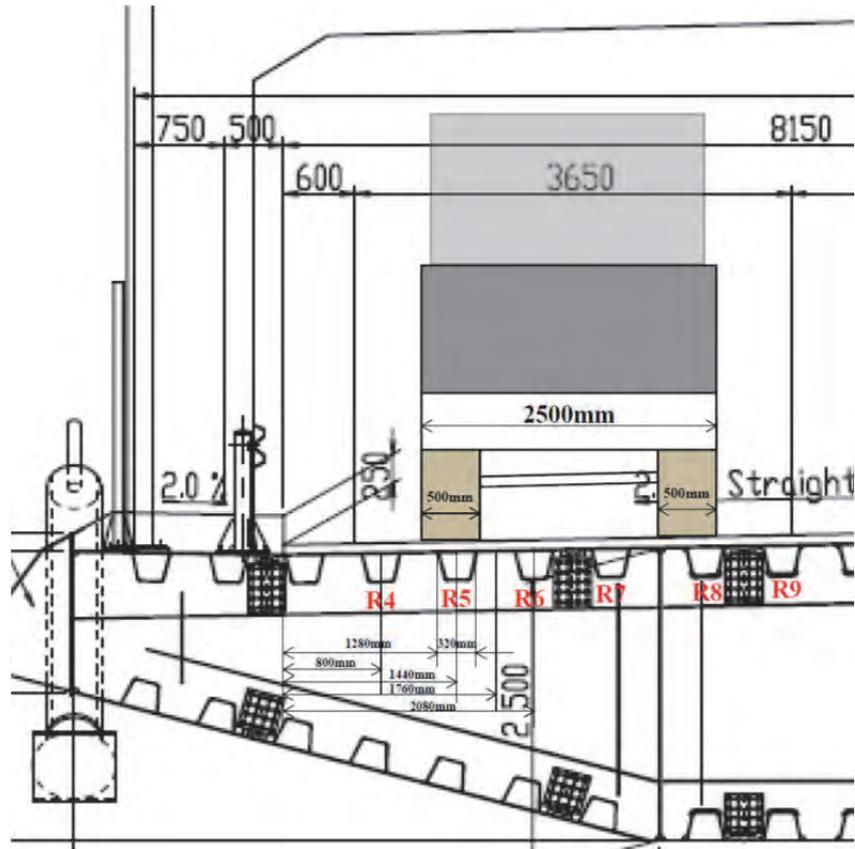


図1 地覆端からUリブ中央およびUリブ間中央までの距離

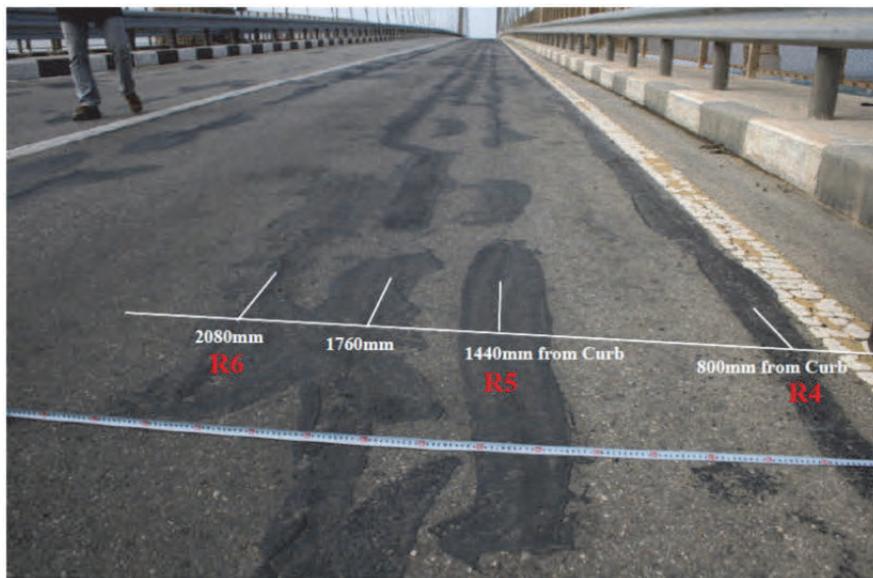
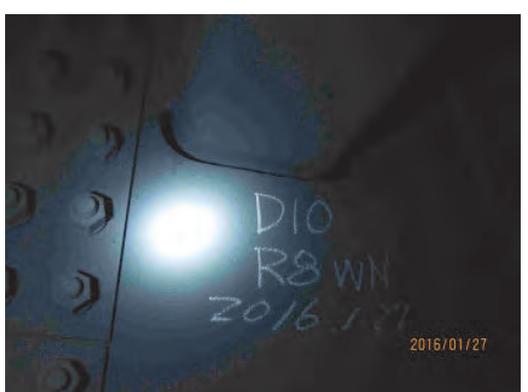


図2 舗装クラックの捕手位置とUリブ位置の関係

2016年1月27日

箱桁内の R8 U リブを主体に調査を行った。調査は西側スパンを対象とし、北側、南側とも R8 U リブ周りをチェックした。疲労クラックの兆候である塗装のクラックはなかった。

南側 R8 U リブの溶接部	北側 R8 U リブの溶接部
 <p data-bbox="320 983 703 1014">1. R8 and D2 diaphragm, East face.</p>	 <p data-bbox="888 983 1272 1014">1. R8 and D2 diaphragm, East face.</p>
 <p data-bbox="320 1447 703 1478">2. R8 and D10 diaphragm, East face.</p>	 <p data-bbox="888 1447 1272 1478">2. R8 and D10 diaphragm, East face.</p>

2016年1月28日(木)

コンサルタントの Dr オマールと舗装状況の調査を行った。

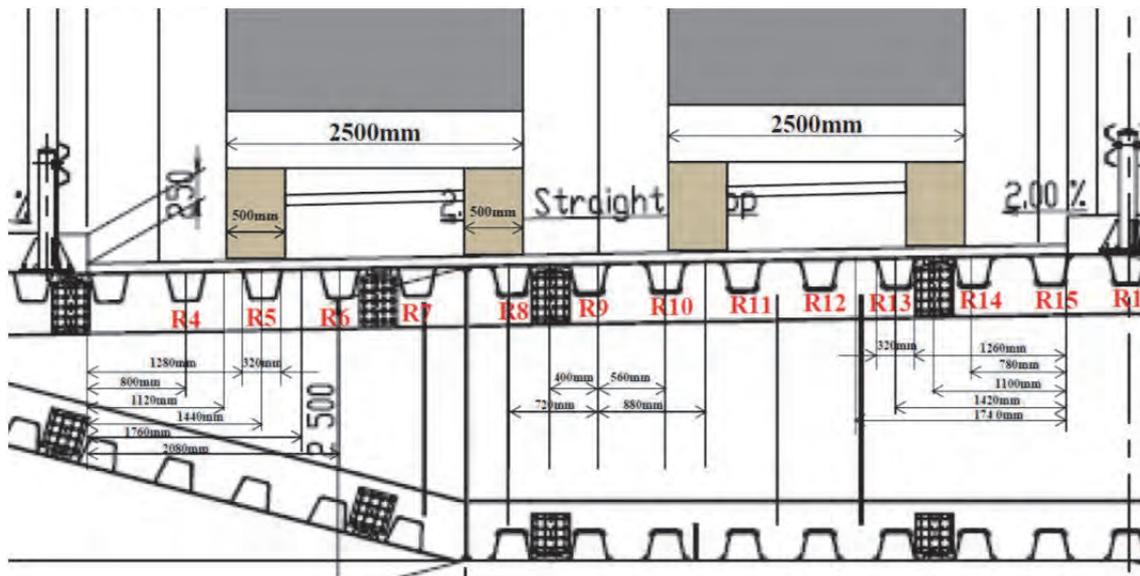


図1 デッキプレートの横断図

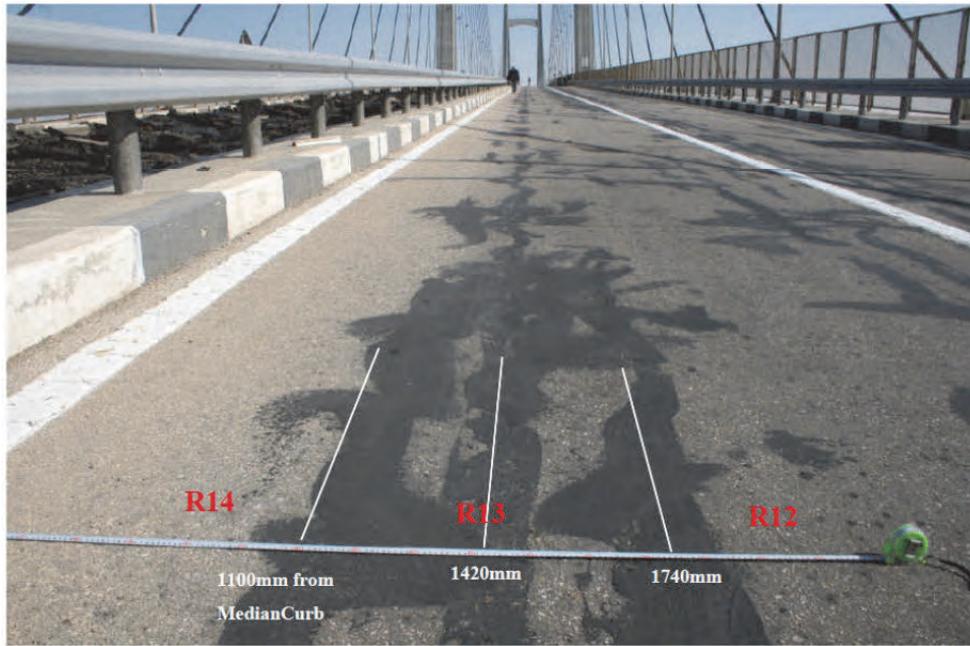


図2 南側スパン中央部。クラックとU リブ位置の関係

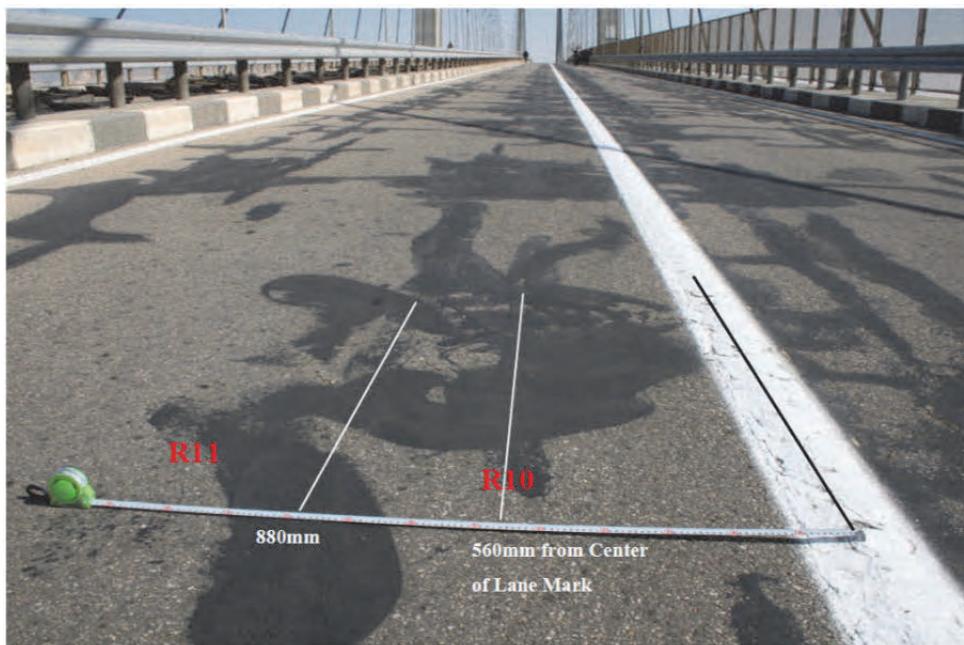


図2 南側スパン中央部。クラックとU リブ位置の関係



3. 北側西再度の撤去舗装。黒い表面は鋼床版に錆が発生していないことを示す。



4. 撤去舗装の裏面が赤いのが、錆の発生を示す。



5. 北側地覆付近の錆状況。



6. 車線中央部状況。錆は発生していない。

2016年2月4日(木)

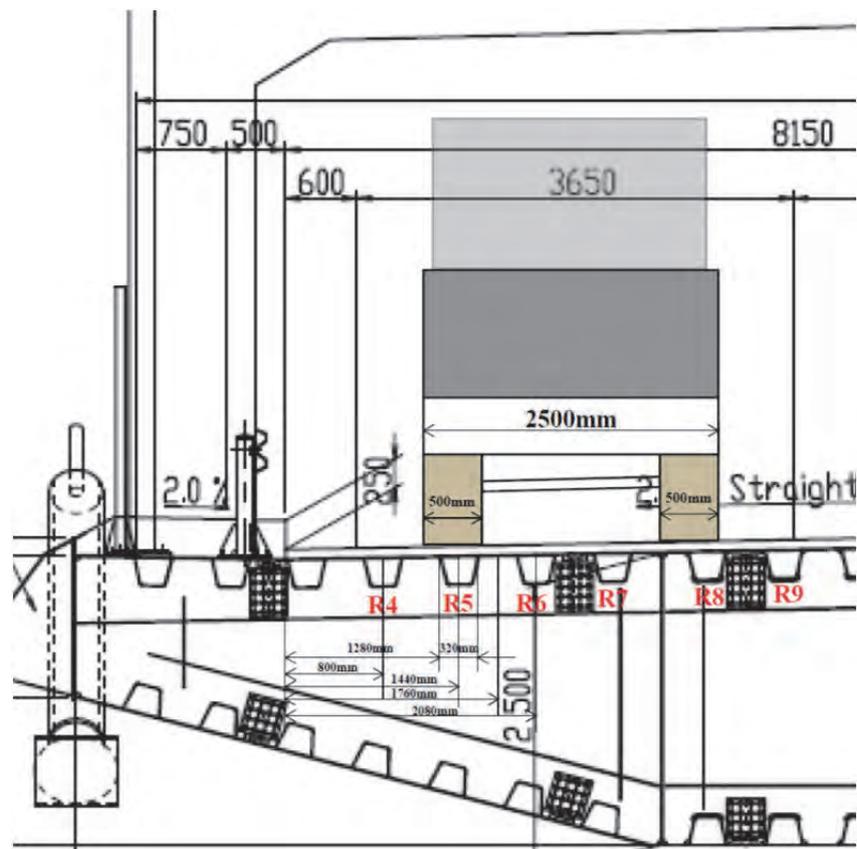


Fig.1 Bridge Deck and Tire Positions

第2回の箱桁内調査。

南側、スパンセンター西側の D30 から D64 の R8 U リブを主体に調査。疲労クラックの兆候はなし。
舗装クラックの大きい D58 付近を念入りに見たが、疲労クラックの兆候はなかった。



1. 南側の大きな舗装クラック。ダイヤフラム D58 付近。 .



2. 南側の大きな舗装クラック。



3. 南側 D30、R8 Uリブの状況。ペンキのクラックは発生していない。



4. D40 ダイヤウラム、クラックなし。



5. D50 ダイヤフラム。クラックなし。



6. D58 ダイヤフラム。クラックなし。

2016年2月8日(月)

主に南側東サイドの舗装撤去作業。サムコはオーバーカッティングの表面処理。



1. 北側西サイドの舗装撤去。



2. 撤去舗装の搬出。



3. 鋼床版表面のオーバーカッティング。

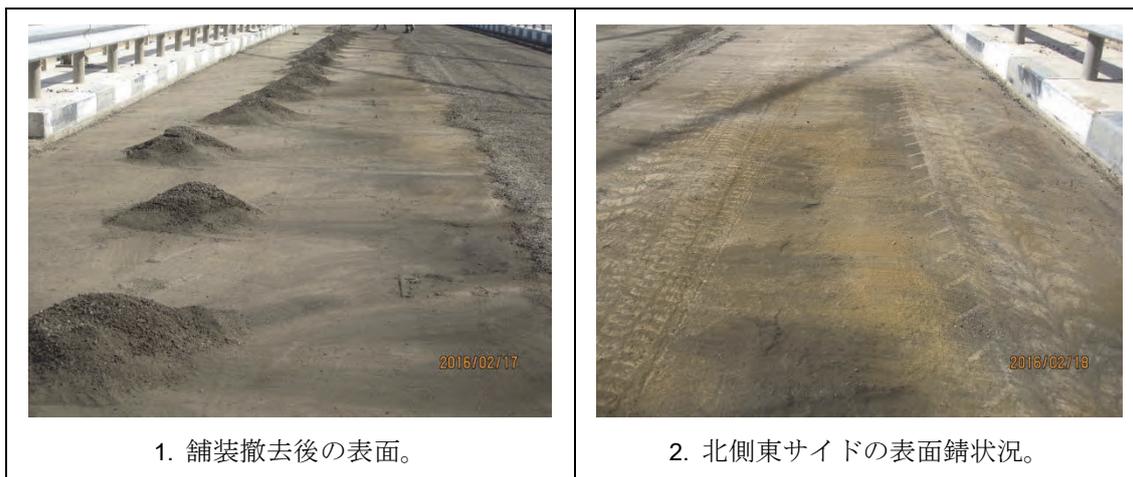


4. サムコによるオーバーカッティングの処理。

2016年2月7日(水)

北側東サイドの舗装撤去後の調査。

線状の錆が歩廊クラックの可能性を示唆するため、それを丁寧に調査した。結果、線状錆は確認されなかった。



付属資料2 鋼床版の板厚測定

2016年2月3日(水)

第一回調査は、北側車線、西側半分で実施した。調査位置は別添位置図に示す。調査結果は表 2.3.1 に示すとおりである。健全な部分では、当初厚さの 12mm または、これに近い値をしめしている。

一方、錆が発生している箇所では、表面がスムーズでなく、計測は不確実であった。12mm 以上の結果は、正しくないと判断される。

最小厚さが測定されたのは、赤で示す、Extra1 で 11.21mm であった。この箇所は予定の測定箇所以外で観察され、表面が平坦でなく、異常値を示したため、グラインダーで最小限の均しを行い測定したものである。D6 の 11.66mm は当初 11.97mm であったが、同様に、グラインダーで最小限の均しを行い再測定したものである。測定は、より錆が発生している箇所を選定しているため、測定結果は、実際の平均厚さよりは、小さくなっていると思われる。

測定結果全体から、錆は、車線の両サイド及び北側車線の中央に多く発生していた。その他の部分は概ね健全であった。

表 1 鋼床版の板厚調査 (mm)

North Lane (West Bound, Sinai to Ismailia)					
Distance From Bridge end	Point	Center of Bridge			Bridge Edge
		A	B	C	D
15m	1	11.83	11.70	11.70	11.97
30m	2	11.67	11.97	11.85	11.81
55m	3	11.90	12.01	11.76	12.09
58m	Extra1				11.21
80m	4	12.03	11.91	12.17	12.04
115m	5	11.94	11.97	12.06	12.09
150m	6	11.94	12.09	12.01	11.66
163m	Tower				
200m	7	12.10	12.07	11.95	12.01
250m	8	11.88	12.07	11.88	12.01
290m	Extra2	11.85			
300m	9	11.91	12.00	12.15	12.12
350m	10				
365m	Center				



1. 北側西サイド橋梁半分の測定範囲。



2. 白色部分は錆の発生が相対的に少ない部分。



3. A1 測定



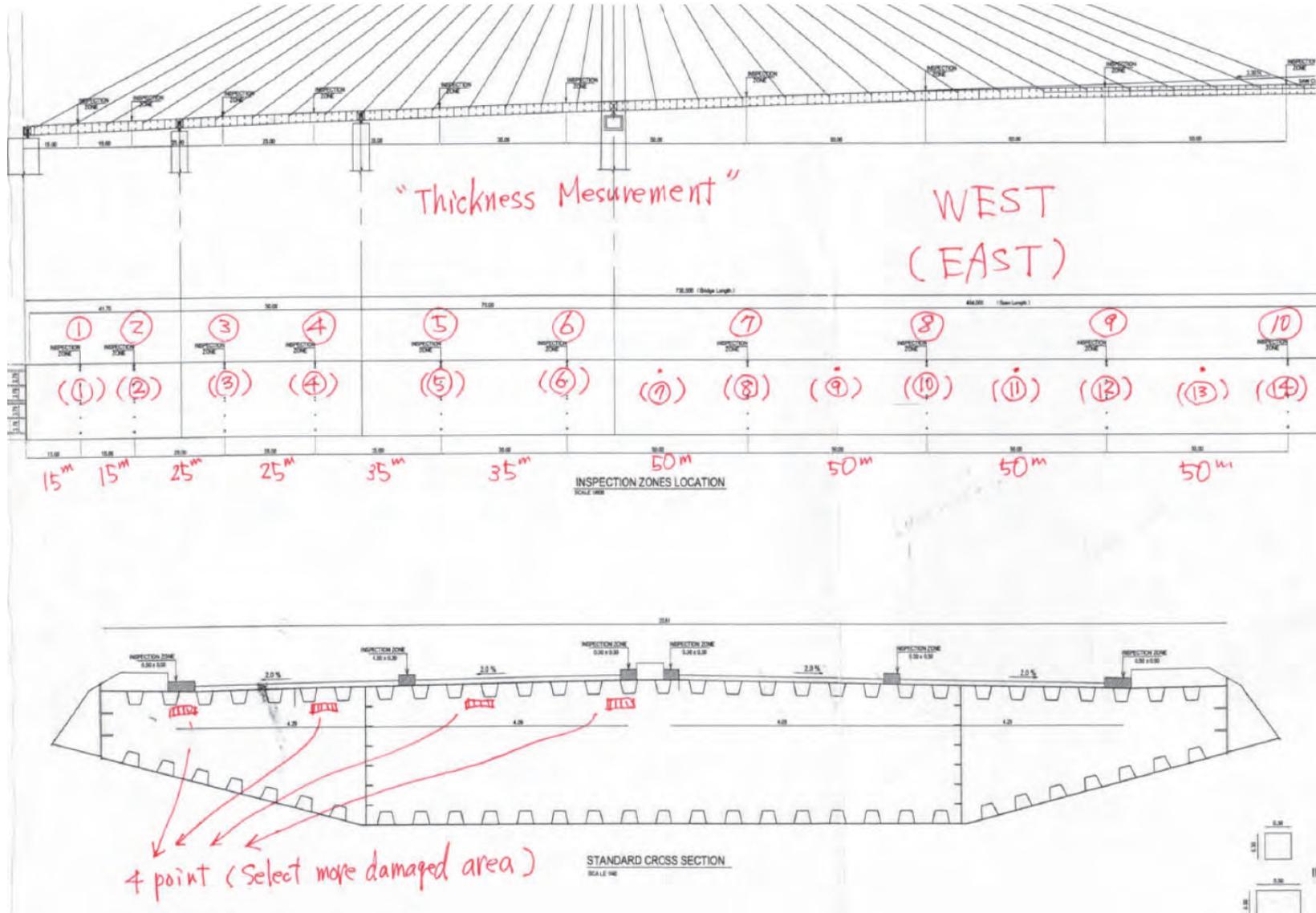
4. C1 測定



5. D1 測定



6. A2 測定



2016年2月18日（水）

北側東サイド残り半分の測定。以下に測定結果を示す。

表2 鋼床版の板厚調査（mm）

Distance From Bridge Center	North Lane (West Bound, Sinai to Ismailia)				
	Point	Center of Bridge			Bridge Edge
		A	B	C	D
-30m	1	12.05	11.81	11.77	12.01
-15m	2	11.97	11.84	11.97	11.92
10m	3	12.01	11.97	12.02	12.07
35m	4	11.87	11.89	11.93	11.78
60m	5	11.87	11.98	11.86	11.98
85m	6	11.96	11.95	11.95	12.01
110m	7	11.74	11.22	12.00	11.81
135m	8	11.63	11.75	11.92	11.82
160m	9	11.87	11.75	11.78	11.91
185m	10	12.01	11.88	11.99	11.98
210m	11	11.85	11.84	11.81	11.95
235m	12	11.81	11.69	11.78	11.64
260m	13	11.91	12.05	11.65	11.87
285m	14	11.68	11.51	11.60	11.78
310m	15	11.92	11.91	12.01	11.81
335m	16	11.87	11.99	11.60	11.81
360m	17	11.66	11.34	11.16	11.65
				Average	11.83

	Re-measured after Grinding
--	----------------------------



付属資料3 マサラ橋について

Masara 橋の床版構造は、U リブ付きの鋼床版である。この鋼床版はスエズ運河橋で採用される鋼床版構造と類似である。

当橋は地下鉄の建設に合わせて、1988 年にフランスの業者によって造られた。また設計もフランスの業者によって実施されている。今回スエズ運河橋の担当である ACE コンサルタントの Meguid 氏によると同業者により、製作も監理されたとのことである。当橋の舗装は、1994 年 1 月 1 日から 3 月 22 日に、スエズ運河橋に採用予定の舗装構成で再舗装されている。

その後、現在に至るまで、写真に示すように、良好な状態を維持している。



1. The Maasara Bridge over Subway. On the right is the South Lane.



2. The Maasara Bridge, this bridge was constructed hastily, that was the reason why the orthotropic steel deck was adopted. Subway tracks can be seen on the left, North side.



3. The traffic volume is not large but sometimes larger trucks pass.



4. Passing truck



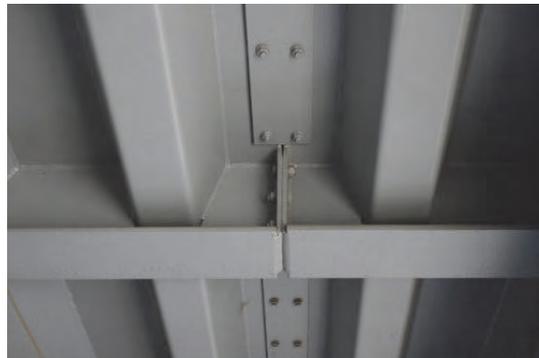
5. Panels of orthotropic steel deck were fabricated at the shops and transported to the site and assembled. One panel is about 8m long, if lateral rib spacing is 2m, and consists of 6 U-ribs. The U-rib directly above the longitudinal beam is not a U-rib but it consists of two inclined plates. The south side lane consists of two panels and the north side lane also consists of two panels.



6. The open trapezoidal shape directly above the longitudinal beam shows the U-rib which consists of two inclined steel plates.



7. Two panels are connected at the center of south lane.



8. Connection of adjacent panel. U-rib details are quite fine.



9. Cracks on the pavement. These cracks seem to correspond to the position of two panel connection, because two panels can move independently to some extent.



10. Cracks on the pavement. These cracks seem to correspond to the position of two panel connection.



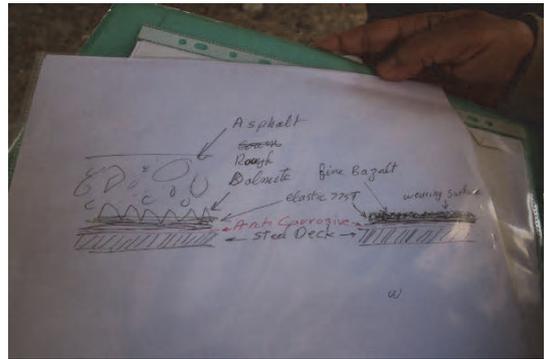
11. U-ribs and adjacent U-ribs directly above the longitudinal beam and consisting of two inclined plates.



12. Inclined plate above the longitudinal beam. The structure is well-designed. No sign of fatigue cracks were found.



13. On the bridge deck, the pavement was investigated.



14. Pavement structure. Tar Epoxy and dolomite. Above it, the asphalt pavement was placed.



15. Condition of pavement was quite good and no rust was observed on the deck surface. The yellow color shows the Zinc Chromate. Hexavalent(+6) Chrome is toxic but Trivalent(+3) Chrome is not.



16. Size of the hole on the deck



17. Drilled hole for core sampling.



18. Drilled core. The pavement is healthy.



19. In 1994, both sides of the bridge was painted by Zinc Rich Paint. But Subway Company refused to paint the center of the bridge. It is said that the weathering steel was adopted for this bridge. Then it was not needed to paint.



20. スエズ運河橋のUリブサポートスパンは大きい。

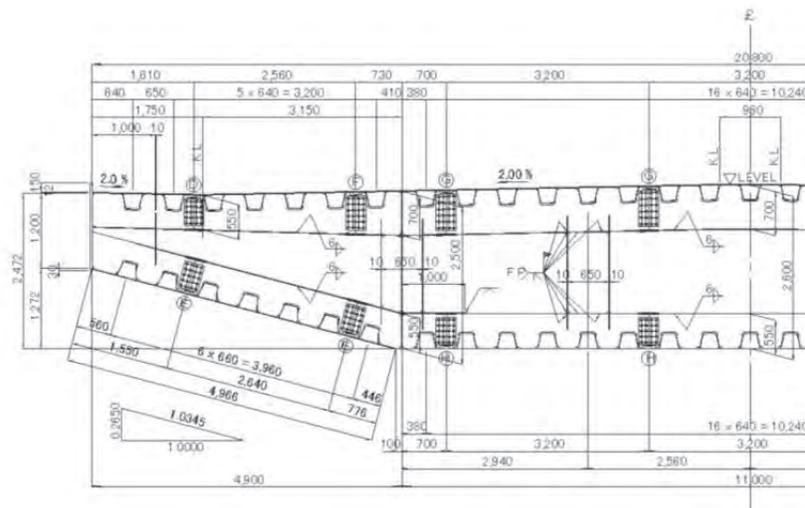


図1 スエズ運河橋の横断図

Masara 橋の鋼床版構造はスエズ運河橋のそれと類似している。しかしながら、Masara 橋の橋軸方向の剛性はスエズ運河橋より大きいようである。Masara 橋は写真 5 でわかるように U リブが縦桁、横桁で密にサポートされているのに対して、スエズ運河橋では写真 20 に示すようにサポートスパンが大きい。しかしながら鋼床版自身は両者とも 2 m ピッチでサポートされており、同様の構造といえる。版としての部分的合成は同じで、長手方向の剛性が異なると言える。GARBLT 提案の舗装については、日本での実績がないため、スエズ運河橋に用いることが適切か、調査チームは判断できない。しかしながら、Masara 橋での実績を考慮するとスエズ運河橋へうまく適用する可能性は否定できない。

結論としては、当舗装がスエズ運河橋に適しているとの保証はできないが、GARBLT の責任で実施することにあえて、反対はしない。

付属資料4 舗装工事

4-1 サンドブラストおよびプライマーの試験施工

サンドブラストとプライマーの試験施工は2月11日、橋梁の西側ジョイント付近で行われた。

① サンドブラスト

サンドブラスト後の表面は概ね良好であった。しかしながら、部分的には錆が残っていたため、GARBLTはSAMCOに、実施工時には、丁寧に除去するよう指示した。サンドブラスト用の砂は、近隣のものが塩分を含むため、これは使用していない。

② プライマー

Zinc Chromate (Polymer 730CH) がプライマーとして使われている。

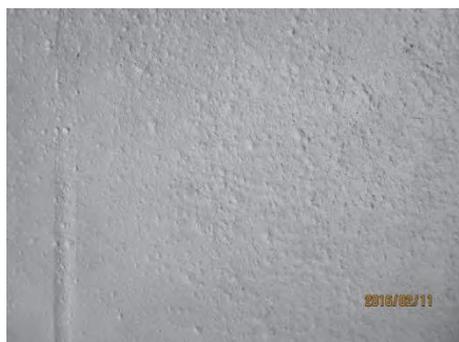
スプレーによる塗布とローラーによる塗布の比較を行い、施工性、均一性からローラーによる方法を採用した。プライマーの仕様を図2.4.1に示す。



1. サンドブラストの試験施工



2. サンドブラスト前



3. サンドブラスト後



4. スプレーによるプライマー塗布



5. ローラーによるプライマー塗布



6. 塗布厚のチェック (目標 0.05mm) 6



شركة الصناعات الكيماوية للبناء « بوليمار »
Chemical Industries For Construction Co. " POLYMAR "

الطبقات الإيبوكسية

EPOXY COATINGS

الإيبوكسي متعدد الأغراض

MULTIPURPOSES EPOXY

واصل التمدد الخاطيء

JOINT SEALANTS

دهانات الحديث

MODERN PAINTS

جرانيتيات

GRANULITE

مواد عازلة للرطوبة

WATERPROOFING

MATERIALS

المزيج الإيبوكسية

EPOXY MIXTURE

الإيبوكسي للاصق

EPOXY ADHESIVE

عزل الأسطح

PROOFING COMPOUNDS

مونة غير قابله للانكماش

NON-SHRINK GROUT

إضافات الخرسانة

CONCRETE ADDITIVES

تركيبات اللاصقة

BONDING AGENTS

لاصق السيراميك والتبشاني

TILING ADHESIVES

دهان إيبوكسية ضد الصدأ

ANTICORROSION EPOXY

مركبات معالجة الخرسانة

CLEANING COMPOUNDS

POLY POXY 730 Ch.
ZINC CHROMATE EPOXY

POLY POXY 730 Ch. : Is a polyamino amide epoxy paint modified with zinc chromate to provide protection against corrosion for steel structures (steel skeletons and steel bridge decks..etc ...).

TECHNICAL DATA :

Colour	yellow
Mixing Ratio	1 : 5 by weight
Pot life	60 min. at 23° C.
Coverage	300 g/m ²
Shelf life	12 months

DIRECTIONS FOR USE :

- * Substrate must be dry and free of oil and other impurities.
- * Substrate must be free of rust. Sand plasting is recommended.
- * The 2 components must be thoroughly mixed together just before application.
- * Apply by brush, roller or spray.
- * Apply perpendicularly in case of double coatings.

PACKAGES :

5 kgs, or doubles.

For More details ... Consult our technical service section

FACTORIES : EL - SADAT CITY, 3rd AREA.

OFFICE : 11, EL - EBOOR BUILDING SALAH - SALEM ST, NASR CITY - CAIRO

TEL : 2613691 - 2634013 - FAX : 202 / 2617877

76 - ٧٦

図 2. 4. 1 プライマーの仕様

4-2 サンドブラストおよびプライマーの本施工

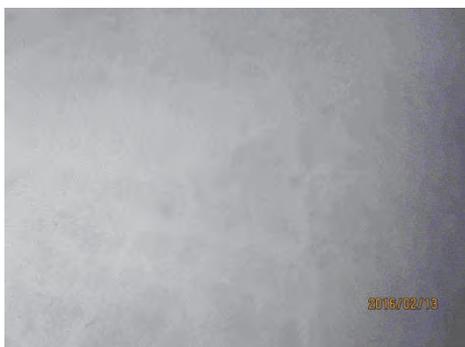
サンドブラストおよびプライマーの本施工は2月13日に橋梁の中央部から西側に向かって始められた。サンドブラストによる表面処理には、かなり時間を要するため、GARBLT および ACE は SAMCO に機械および作業員を増やすよう要請した。



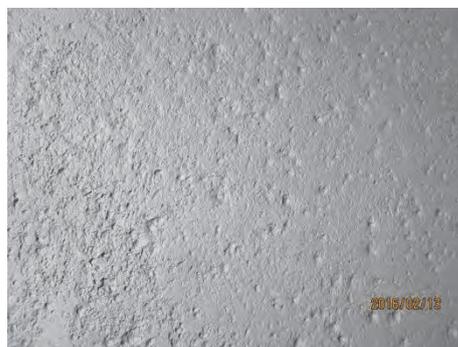
1. サンドブラスト作業



2. サンドブラスト用の砂



3. サンドブラスト後



4. サンドブラスト後（錆の多い部分）



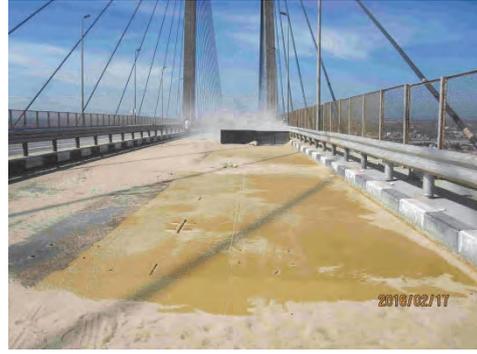
5. サンドブラスト後



6 プライマー塗布(Zinc Chromate)



7. プライマーの塗布後



8. プライマーの塗布後

付属資料5 トレーニング セミナー

JICA チームは9月7日に維持管理計画についての説明を行った。

内容は以下の3項目である。

- 1 舗装
- 2 鋼床版の補修計画
- 3 鋼床版の補修・補強方法

Follow-up Cooperation Study on the Bridge Design (Counterpart Training for the Suez Canal Bridge Project)



Training Seminar



September, 2016
Oriental Consultants Global Co., Ltd.
CHODAI Co., Ltd.

1

Contents

1. Pavement
2. The Repair Plan for the Steel Deck plate
3. The Reinforcement method of Steel Deck plate

2

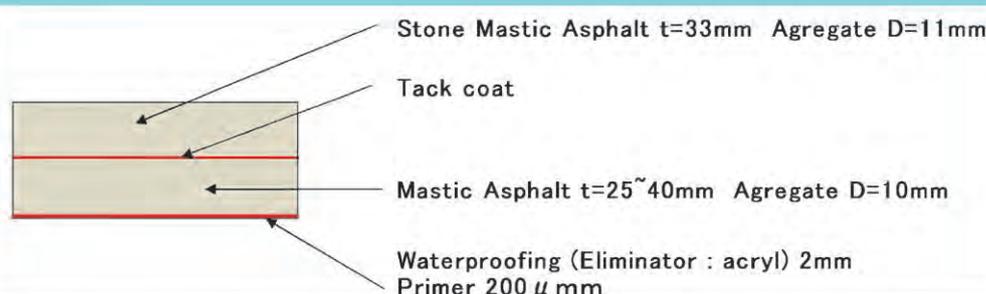
1 Pavement

The pavement work (Type recommended by GARBLT) was finished in North Side. The condition of pavement is looks very well. But investigation for the pavement must be implemented constantly. If the serious damage is happened again, the alternative method must be studied.

JICA study team recommend Guss Asphalt regarding to the experience in Japan. Meanwhile, in Europe "Mastic Asphalt" is used popularly for steel deck plate. The quality "Mastic Asphalt" is supposed to be same as Guss Asphalt. "Mastic Asphalt" is mentioned in BS 1447.

"Mastic Asphalt" will be used for Izumit bridge in Turkey. Formation of this bridge is as follows.

3

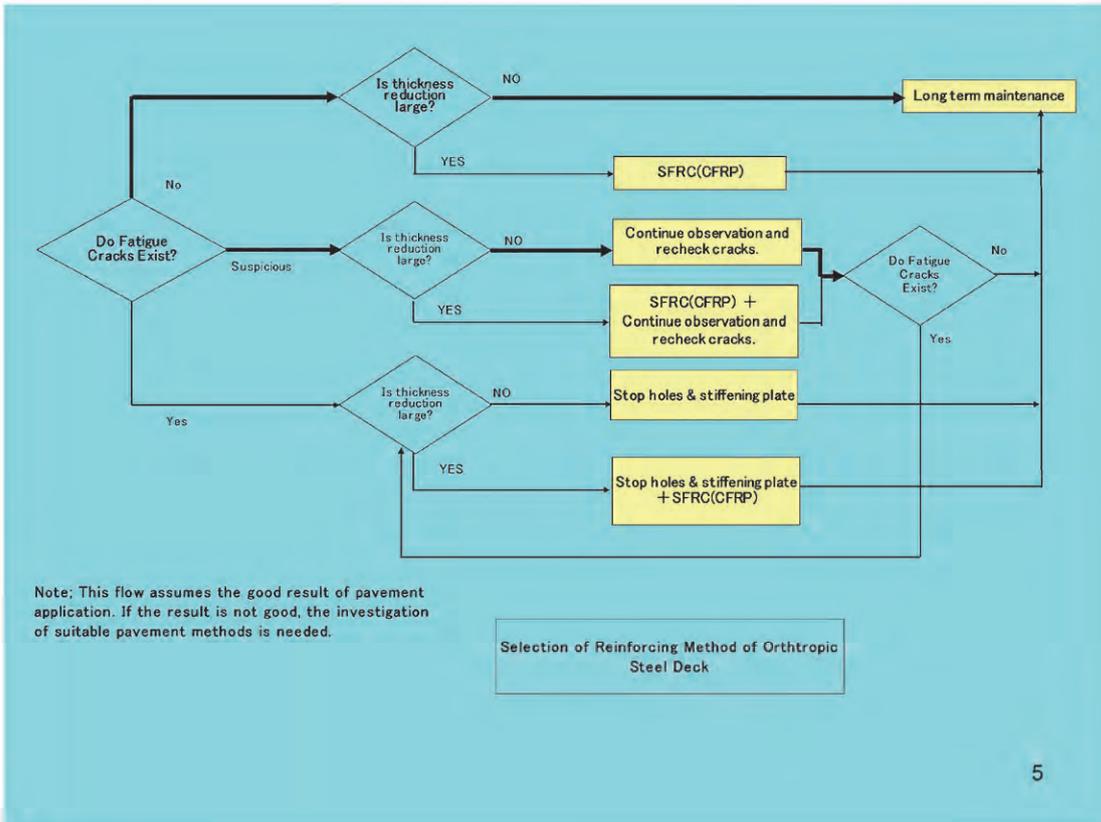


2 The Repair Plan for the Steel Deck plate

The study team will recommend the Repair method of Steel Deck, by taking into account the following items. (Refer to the flow chart (next page))

- Damage condition
- The evaluation of safety of Steel Deck according to the reduction of the plate thickness
- Existence of fatigue cracks
- The construction constraints in Egypt

4



5

3 The Reinforcement method of Steel Deck plate

3-1 General

The reinforcement method shall be adopted following cases.

Case A : Thickness reduction is large (Effect the soundness of Steel Deck plate)

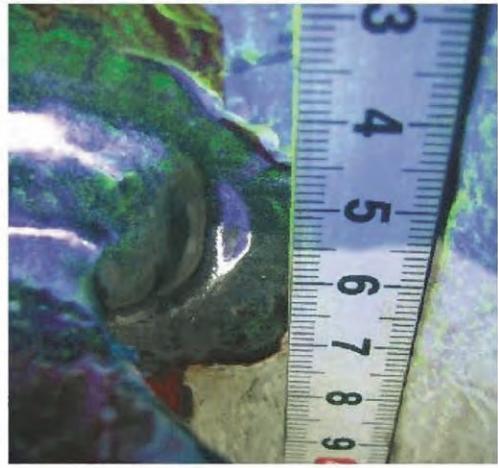
Case B : Fatigue cracks happened

The reinforcement method will be mentioned in 3-2,3-3,3-4.

In case of “Case B”, before reinforcement of whole Steel Deck plate , the parts where fatigue cracks happened must be repaired by the method mentioned next page.

6

Repair of Crack



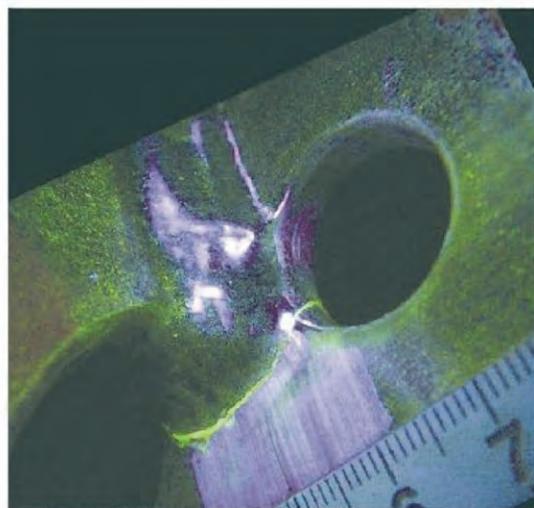
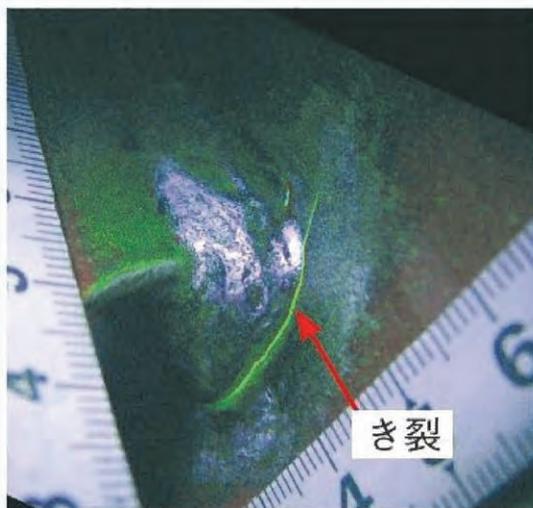
Removal of cracks by grinding.

Source: Kawada

http://www.kawada.co.jp/technology/gihou/pdf/vol28/28_gijutu_03.pdf#search='%E9%8B%BC%E5%BA%8A%E7%89%88%E3%81%AE%E4%BF%AE%E7%90%86%E5%B7%A5%E4%BA%8B'

7

Repair of Crack



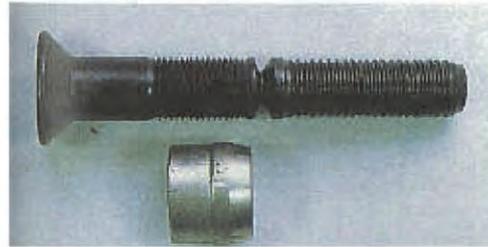
Application of stop holes.

Source: Kawada

http://www.kawada.co.jp/technology/gihou/pdf/vol28/28_gijutu_03.pdf#search='%E9%8B%BC%E5%BA%8A%E7%89%88%E3%81%AE%E4%BF%AE%E7%90%86%E5%B7%A5%E4%BA%8B'

8

Repair of Crack (Application of Reinforcing Plate)

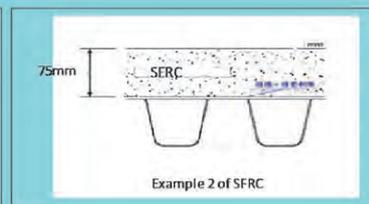
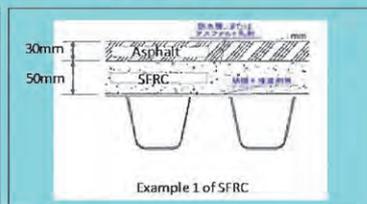
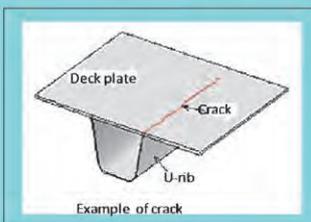


11

3-2 SFRC

3-2-1 SFRC

SFRC(Steel Fiber Reinforced Concrete) was developed in Japan to prevent fatigue cracks and to reduce the deflection. The highly durable epoxy resin adhesive between the steel deck plate and the steel fiber reinforced concrete achieves the unity of the deck plate and the concrete. SFRC can be applied with the conventional equipment.



12

3-2-2 Example (Bay Bridge in Japan)

On first stage (Under-deck for National road 357), stud bolts were used for connecting between Steel Deck plate and SFRC.

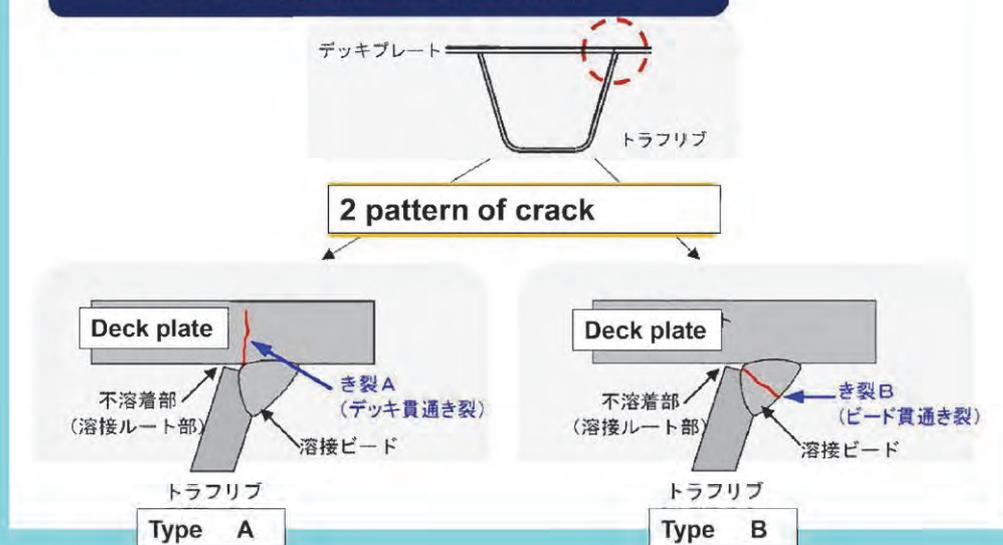
But cracks happened around the stud bolts, so stud bolts are not used on second stage (Upper-deck for Metropolitan expressway).

The repairing works of Bay Bridge is mentioned next page.

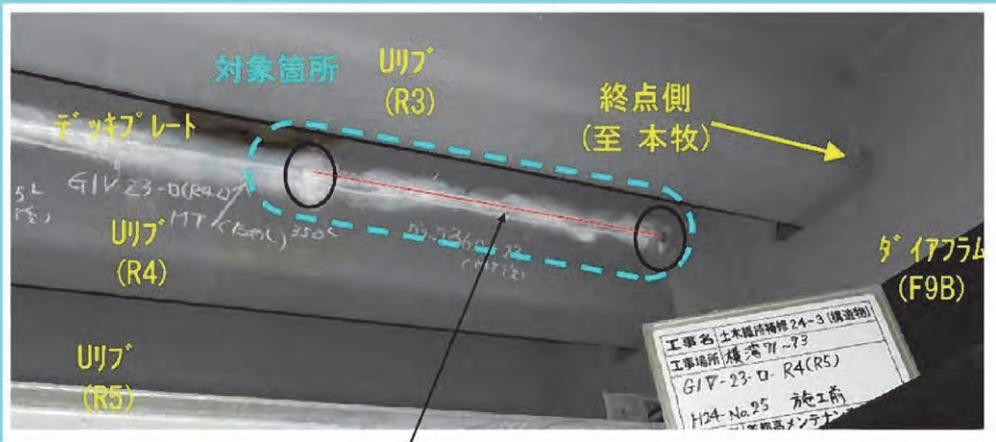


13

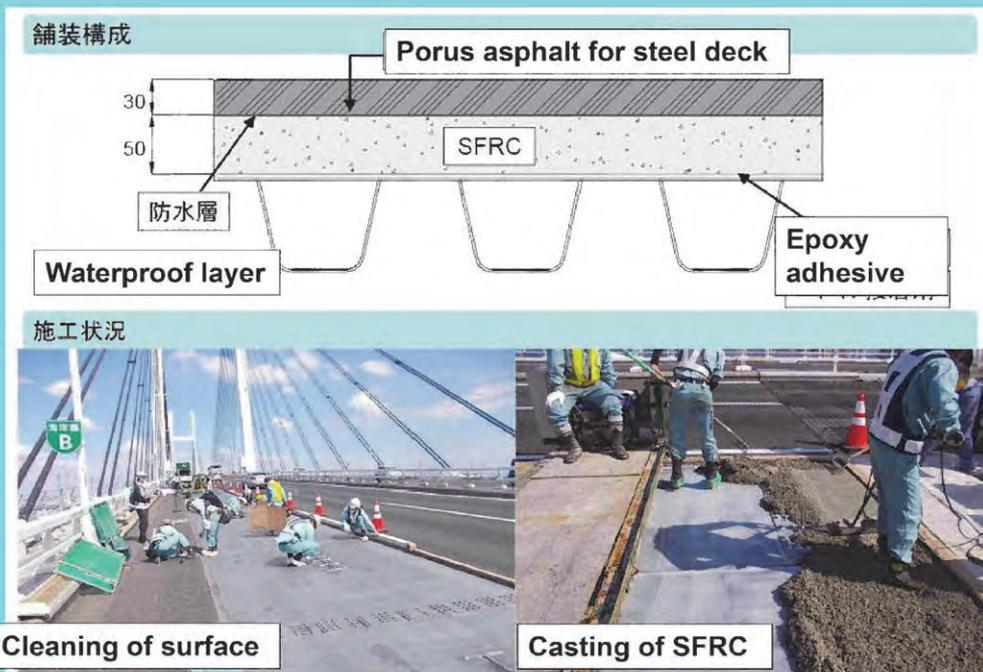
デッキプレートとトラフリブ間のき裂
→SFRCによる対策が必要となるき裂損傷



14



Fatigue crack (Type B)

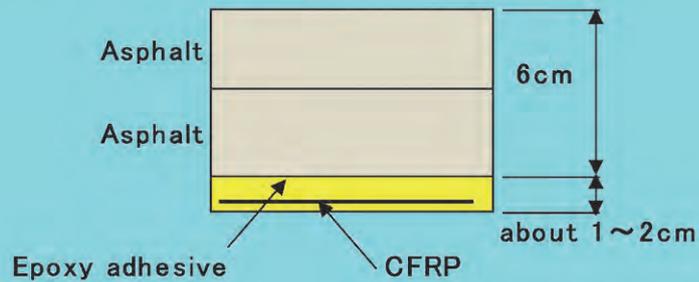


3-3 CFRP

CFRP is popularly used for repairing and reinforcing of the RC slab, RC&PC girder and Steel girder internationally. In Japan CFRP is also used for reinforcing the surface of bridge.

CFRP only resists to tension side and no experience for Steel Deck. But Steel Deck is continuous, so resisting at tension side means the reduction of deformation .

In case of adopting to Steel Deck, CFRP must be studied more.



17

In Mongolia, CFRP was adopted in JICA project in 2015. CFRP specialists supervised how to utilize CFRP, therefore the contractor in Mongolia constructed appropriately.



Undercoating of Epoxy adhesive



Setting of CF (Carbon-fiber)



Final coating of Epoxy adhesive

18

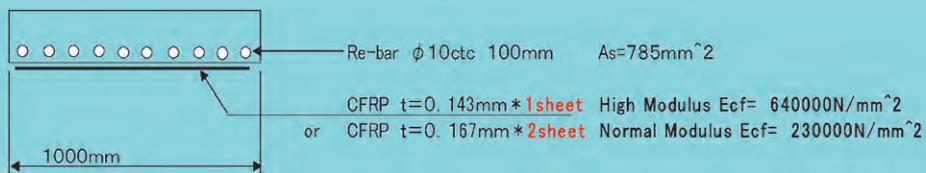
CFRP is used for the repair and strengthening for Re-bar of concrete structure.

In Japan high modulus CFRP is popular for the repair and strengthening of RC.

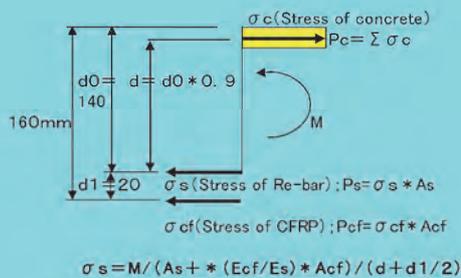
The following shows the merit of high modulus CFRP.

In this case, if normal modulus CFRP is used, 2 sheets are required. But in case of high modulus CFRP, it is enough to use only 1 sheet.

In case of adopting to Steel Deck, CFRP must be studied more.



19



(Stress by Live-Load)

High Modulus

$$\begin{aligned} \sigma_s &= \frac{25.48 * 10^6}{(785 + (640000/200000) * 143) * (140 * 0.9 + 20/2)} \\ &= \frac{25.48 * 10^6}{1243 * 136} \\ &= 151 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Normal Modulus

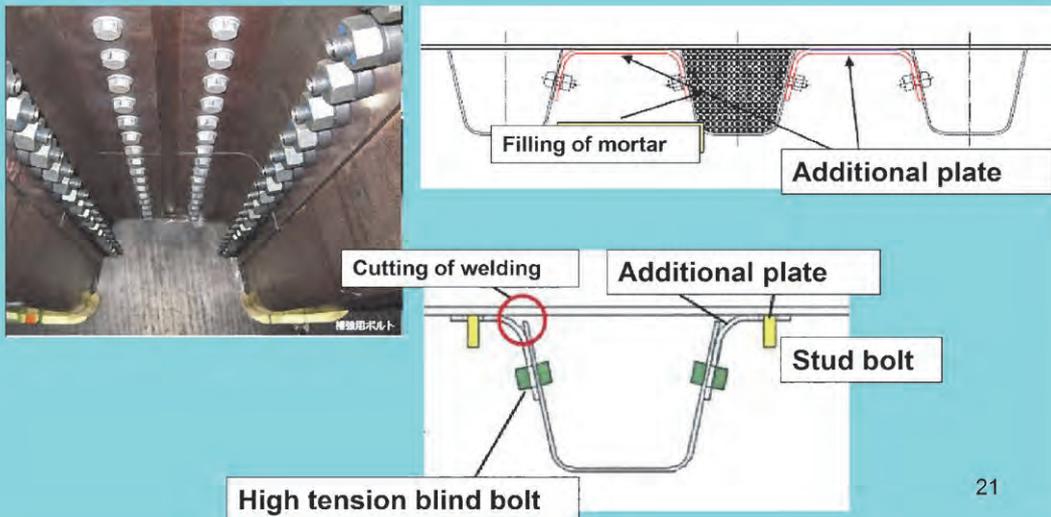
$$\begin{aligned} \sigma_s &= \frac{25.48 * 10^6}{(785 + (230000/200000) * 334) * (140 * 0.9 + 20/2)} \\ &= \frac{25.48 * 10^6}{1169 * 136} \\ &= 160 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

20

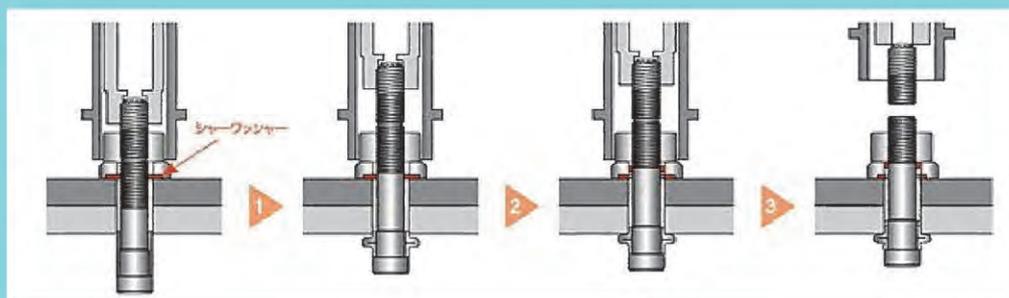
3-4 Reinforcement by steel plate from under -side

This method is to reinforce the steel deck plate only from under-side, so the traffic restriction is not needed.

This method is just on studying in Japan.



21



High tension blind bolt

22

付属資料6 その他

6-1 水位レベルの測定 (2016年1月31日)

2012年の業務では図1に示す位置に測定ポットが設置されている。各ポットの状況、水位状況を調査した。

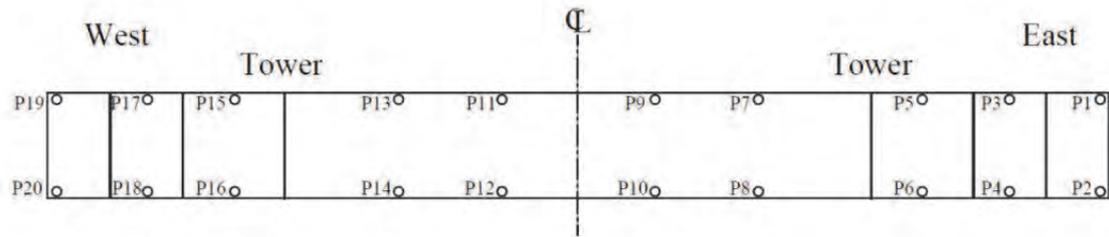


図1 水位測定用ポットの接地位置



1 P11、水が確認できる。底は膨れ上がっている。



2 P11、底の表面ははがされていて、鋼床版の錆が見える。



3 P11、底のゴム板



4 P12、残されたキャップ。



5 P12、他に比べ水位が高い



6 P13、撤去され t 舗装と舗装上のキャップ

6-2 鋼箱桁の外部状況 (2016年2月2日)

JICA チームは検査車を使って、鋼箱桁の下面を調査した。表面に砂が付着していたが、鋼の状況はフェヤリングの一部を除いて比較的良好であった。





7. 現場溶接部のフェアリングに甚大な錆が発生している



8. フェアリングの錆は構造上問題ないが、錆を除去し補強することが望ましい



9. フェアリングの錆



10. 大きな錆による損傷

検査車で、鋼床版の外面の調査を行った。雨量が少ないこと、元の塗装が良好だったため等から、全体的に損傷は少なかった。

ただし、写真に示すように南側の外側フェアリングに大きな損傷が確認された。フェアリングは構造部材でないため橋の安全性にかかわるものではないが、早急に錆を除去し、補強することを提案する。

6-3 舗装関連のデータ

National Research Centre (NRC)

Paint, Plastic & Rubber Unit

Report

About the Epoxy Painting Sample

Brought from the Specialized Company for Buildings' Chemicals (ChemBuild)

ChemBuild brought to NRC a sample from the epoxy paint (Poly Poxo T775) by a letter on 20/1/2015 to be tested according to the attached technical specification with the sample, and here are the results:

First: General description for the sample:

- The sample was brought in two metallic packages weighting: first package (Compound A) is weighing 2.0 Kg and second package (Compound B) is weighing 2.25 Kg. no information was written except a white card mentioning the product code (Poly Poxo 775T) and the producing company (Industrial Products for Building) and no other information or signatures or stamps or product number or production date or workability number.
- The sample's color after mixing is black with base (epoxy and tar) and no color separator and no masses on the surface or inside the sample and the sample is completely mixed and free from coarse materials and the sample has homogenous texture by hand mixing and no sedimentation.
- The sample gave a coating layer half shiny free from grains, liquids, cracks and it is good adhesion to the metal.
- The sample is attached with a piece of metal (Carbon Iron) with dimension (1.0m x 60 cm) coated by epoxy and a mix of sand and bazalt and the sample is prepared in the site by the company and the consultant and it is signed by Mr. Ahmed Hosain (Arab Contractors Co.) and Mr. Mostafa Fayez from the company.

Second: Results:

The sample is mixed with ratio: 1.0 (Comp. A) : 1.3 (Comp. B)

Test	Result
1- Mixing ratio	A1:1.3B
2- Color	Black
3- Drying time at 20 ⁰ C Surface drying (hours) Solid drying (hours)	2 24
4- Workability time period at 20 ⁰ C (hours)	4
5- Density (gm/m ³) Compound (A) Compound (B)	1.1 1.2
6- Solid content by weight (%) Compound (A)	97
7- Evaporated content by weight (%) Compound (A)	3
8- Solid content by weight (%) Compound (B)	91
9- Evaporated content by weight (%) Compound (B)	9
10- Elasticity on 3mm bar	Passed
11- Elongation (%)	125
12- Tensile strength (Mega Pascal)	5
13- Adhesive strength on iron for a sample prepared in the lab (Mega Pascal)	3.6
14- Adhesive strength on iron for a sample prepared in the site (Mega Pascal)	3.2
15- Abrasion strength for a sample prepared in the lab (1000 cycle) H22 (gm)	0.4
16- Abrasion strength for a sample prepared in the site (1000 cycle) H22 (gm)	0.5
17- Compressive strength (kg/cm ²)	540
18- Humidity resistance (7 days)	passed
19- Gasoline (Solar) resistance	passed
20- Alkaline resistance	passed
21- Acid resistance	passed
22- Mineral oil resistance	passed
23- Heat resistance 60 ⁰ for 72 hours	passed
24- Climatic (ambient) resistance (lab. Sample)	passed
25- Climatic (ambient) resistance (site. Sample)	passed
The sample was subjected to Ultra Violet rays with wavelength 312 Nano-meter for 100 hours and the sample passed the test successfully and no cracks or apparent changes	

Comments on the results:

The results shown are for the sample brought to the Paint, Plastic & Rubber Unit in the National Research Centre (NRC) by the client without any responsibility against the NRC and the NRC is not responsible for the delivery.

Test in charge

Dr. Samir Morsy Mohamed

Chief Researcher

Prof. Dr. Ahmed Ismail Hosain

Head of the Unit

Prof. Dr. Mahmoud Ahmed Abdel Ghaffar

Signed on: 19/3/2015



شركة الصناعات الكيماوية للبناء « بوليمار »
Chemical Industries For Construction Co. " POLYMAR "

الطلاءات الإيبوكسية
EPOXY COATINGS
الإيبوكسي متعدد الأغراض
MULTIPURPOSES EPOXY
واصلات التمدد الحماطية
JOINT SEALANTS
دهانات الحديثة
MODERN PAINTS
جرانوليت
GRAVELITE
مواد عازلة للرطوبة
WATERPROOFING
المونة الإيبوكسية
EPOXY MORTAR
إيبوكسي لاصق
EPOXY ADHESIVE
عزل الأسطح
ROOFING COMPOUNDS
مونة غير قابله للإتكاش
NON-SHRINK GROUT
إضافات الخرسانة
CONCRETE ADJUTIVES
مركبات اللاصقة
BONDING AGENTS
لاصق السيراميك والقباشاني
TILING ADHESIVES
دعازن إيبوكسية ضد الصدأ
ANTICORROSION EPOXY
مركبات معالجة الخرسانة
CURING COMPOUNDS

POLY POXY 730 Ch.
ZINC CHROMATE EPOXY

POLY POXY 730 Ch. : Is a polyamino amide epoxy paint modified with zinc chromate to provide protection against corrosion for steel structures (steel skeletons and steel bridge decks..etc ...).

TECHNICAL DATA :

Colour	yellow
Mixing Ratio	1 : 5 by weight
Pot life	60 min. at 23° C.
Coverage	300 g/m ²
Shelf life	12 months

DIRECTIONS FOR USE :

- * Substrate must be dry and free of oil and other impurities.
- * Substrate must be free of rust. Sand plating is recommended.
- * The 2 components must be thoroughly mixed together just before application.
- * Apply by brush, roller or spray.
- * Apply perpendicularly in case of double coatings.

PACKAGES :

5 kgs, or doubles.

For More details ... Consult our technical service section

FACTORIES : EL - SADAT CITY, 3rd AREA.
OFFICE : 11, EL - EBOOR BUILDING SALAH - SALEM ST, NASR CITY - CAIRO
TEL : 2613691 - 2634013 - FAX : 202 / 2617877

76 - ٧٦

付属資料7 打ち合わせ記録

7-1 Kick-off meeting for The Follow-up study on Suez Canal Bridge

Date: 21st January 2016, **Time** 10:00, **Place:** GARBLT

Attendances:

From GARBLT: Eng. Hala, Eng. Ali, others

From ACE: Dr. Abdel Majeed, Dr. Hamdy, Eng. Sherif

From SAMCO: Eng. Ahmed Gad, others

From JICA: Ikegami, Mukoyama, Matsumoto, Ashraf (Interpreter. Ms. Hana)

Objectives:

- Kick off for the Follow-up study on the counterpart training for the project for construction of the Suez Canal Bridge (pavement repair and steel deck inspection).
- Presenting the Inception Report.
- Organizing the work activities among GARBLT, Consultant (ACE), Contractor (SAMCO) and the JICA Expert (JE).

Main discussion points and conclusions:

- The JE explained the presentation which summarizes the Inception Report and mainly the: objectives, the last evaluation, the evaluation of the pavement, the soundness investigations, the previous rust inspections and the fatigue tests procedures (if needed).
- The attached sheets were shared from the consultant (Dr. Hamdy) to explain the soundness of the steel deck plate, the required tests and how to evaluate the safety of the deck.
- It was highlighted by the (JE) that the visual inspection of the steel deck plate (i.e. just after the removal of the pavement) is the effective way to find the cracks of the steel deck plate surface. If the surface is blasted, it becomes quite difficult to find the cracks. It is expected that two days or three days are required normally for the visual inspection of the U-ribs directly under the truck tires of the driving lane.
- If the steel deck plate loses the surface and decreases the thickness by rust, it would be difficult to repair. But the admissible thickness reduction is quite difficult to decide. 12mm plate thickness is decided from the point of view of passing tires. 12mm plate

thickness may be redundant from the point of view of structural design to support the longitudinal live loads.

- As current activities, GARBLT/SAMCO started to break the pavement layer (not removing). The removing will be in the presences of the JE. Some parts are removed (small locations) and GARBLT found that, there is no rust in the middle of the bridge.
- It was agreed that a preliminary investigation will start next week to evaluate the situation in the site after removing of the pavement. It is expected to have another meeting to evaluate the situation after evaluating the seriousness of the surface cracks.
- The JE asked about the tests for the pavement section. The SAMCO replied that the tests are done for the base layer with two models (zinc rich and chrome rich). The JE advised not to use (chrome rich) model because Chrome is toxic. Also, the JE asked for the full pavement model. SAMCO informed that the results will be ready next week.
- The JE asked for the water proofing (insulation) test but SAMCO informed that the test was done on the painting material not on the water proofing material. A report was handed (attached).
- In discussion with the consultant (ACE), it was informed that the ACE asked GARBLT/SAMCO many times about the tests for the pavement with specific tests including the pull out test but GARBLT/SAMCO did not answer this request.
- GARBLT will inform JICA/JE about the start of work. It is expected to be by Saturday (after confirmation by Eng. Ali and consultation with GARBLT Chairman).

(END)

**Follow-up Cooperation Study on the Bridge Design
(Counterpart Training for the Suez Canal Bridge Project)**

Attendance list of the meeting with
GARBLT & other Consultants on Jan. 21st 2016

Name	Job title / Organization
Eng. Ahmed Gad	Vice president of SAMCO
Eng. Salah Mostafa	Chemicals for Building co.
Eng. Galal Sobhy	Chemicals for Building co.
Dr. Sherif Habib	ACE Consulting
Dr. Eng. Hamdy Elshawat	ACE Consulting
Eng. Abd El-Maguid	ACE Consulting
Eng. Hala Sayed Helmy	Head of Bridge Sector / GARBLT
Eng. Aly Elsafty Abdallah	GARBLT
Eng. Osama Aly Fahmy	GARBLT
Eng. Essam Taha Mangoud	GARBLT
Tatsuo Mukoyama	OCG Bridge Engineer
Tsuyoshi Matsumoto	Chodai Bridge Engineer
Kei Ikegami	JICA Representatice
Dr. Ashraf Elabd	JICA Chief Program Officer
Hana Rady Mohamed	Interpreter



7-2 Result Report (No 1) of Site Survey 1

Date: February 7th 2016, **Time** 14:00, **Place:** GARBLT

Attendances:

From GARBLT: Eng. Hala, Eng. Ali, others

From ACE: Dr. Meguid, Dr. Osman Omar

Polymar: Mr. Salah, Mr. Galal

From JICA: Ikegami, Mukoyama, Matsumoto, Ashraf (Interpreter. Ms. Hana)

Objectives:

- Site Survey Report, Pavement removal, Steel Deck Surface Check, Thickness measurement of Steel Deck Plate, Inspection of inside of the Box Girder.
- Pavement method

Main discussion points and conclusions:

- The JE explained the presentation which summarizes the activities in the last two weeks. Removal of pavements, checking line rusts on the deck plate, measurement of plate thickness, checking fatigue cracks around U-ribs.
- No line rusts were found on the deck plate surface. Almost no possibility of penetrated fatigue cracks of the deck plate.
- After the removal of the pavement of the North lanes, the deck plate thickness was measured along the Bridge from the west end to the bridge center. The thickness of the most corroded point was 11.21mm. But the rusty areas are rather small and the average thickness may be higher than 11.50mm. In 2012 Report, even with the plate thickness of 11.50mm, the stress of the deck plate is below the allowable stress. Then at present, there may be no urgent problems for deck plates.
- U-ribs inside of the box girder were checked. Mainly R8 U-ribs and the places which were checked in 2012 Study. No paint cracks nor fatigue cracks were found.
- GARBLT asked the JE how often U-ribs need to be checked. When U-ribs are checked, UTs or MTs are needed and the cost is not small. The JE requested GARBLT to check U-ribs as often as possible, at least once in 6 months, as there is a maintenance office near the bridge, this may not difficult, at all. Also the JE explained that the eye-inspection is the most important method of inspection. If GARBLT finds

some paint cracks or cracks near U-ribs, that is the time when UTs, PTs or MTs are needed. For the eye-inspection, only the man-power is needed.

- As for the pavement method of GARBLT, there are no similar pavements in Japan and the JE cannot comment anything. But based on your experience, the proposed pavement seems to exhibit the good performance. Therefore the JE does not oppose the application of the pavement to the Suez Canal Bridge by GARBLT at its own responsibility.
- JICA requested GARBLT to closely monitor the site works with the JE.

(END)

Attendance list of the meeting with GARBLT & others on Feb. 7th 2016	
Name	Job title / Organization
Dr. Eng. Abd El-Maguid	ACE Consulting
Dr. Eng. Omar Osman	Cairo University
Eng. Salah Mostafa	Polymar Co.
Eng. Galal Elmslhy	Polymar Co.
Eng. Ahmed Zayed	GARBLT
Eng. Hala Sayed Helmy	Head of Bridge Sector / GARBLT
Eng. Aly Elsafty Abdallah	GARBLT
Eng. Wafaa Mubarak	GARBLT
Eng. Osama Aly Fahmy	GARBLT
Eng. Essam Taha Mangoud	GARBLT
Tatsuo Mukoyama	JICA Study Team
Tsuyoshi Matsumoto	JICA Study Team
Kei Ikegami	JICA Representatice
Dr. Ashraf Elabd	JICA Chief Program Officer
Hana Rady Mohamed	Interpreter



7-3 Result Report (No 2) of Site Survey 1

Date: February 22nd 2016, **Time** 13:40, **Place:** GARBLT

Attendances:

From GARBLT: Eng. Hala, Eng. Ali, others

From SAMCO: Eng.Ahmed Gad

From ACE: Dr. Meguid

Polymar: Mr. Salah

From JICA: Ikegami, Mukoyama, Ashraf (Interpreter. Ms. Hana)

Objectives:

- Site Survey Report, Pavement removal, Steel Deck Surface Check, Thickness measurement of Steel Deck Plate (East side), Inspection of inside of the Box Girder.
- Pavement work

Main discussion points and conclusions:

- The JE explained the presentation which summarizes the activities in Survey 1. Mainly explained about additional items after Result Report (No1), measurement of plate thickness (East side), Pavement work and the conclusion of Survey 1. The conclusion of Survey 1 is as follows.

1 We cannot guarantee the success of the application of this pavement that was recommended by GARBLT to the Suez Bridge because of our no experience of this type of pavement. But at the same time based on the experience of same type of pavement to Masara bridge, we do not oppose your application of this pavement to the Suez Bridge at your own responsibility.

2 Regarding the result of measurement of deck thickness and the result of survey for fatigue cracks, the repair for the Steel deck is not needed.

- Mr. Mukoyama recommended that pull-out test shall be conducted and compare the results with GUSS Asphalt. GARBLT explained that the test might be difficult because equipment is not available.
- Mr. Mukoyama recommended that visual inspection shall be conducted at least once every 6 month after operation of the bridge, especially inside of the box girder for fatigue cracks. GARBLT engineers now have a good experience and they know how to inspect the bridge.

- In case of finding any problems, Ultrasonic Test (UT) and Magnetic Test (MT) shall be implemented as soon as possible.
- GARBLT asked about what they shall do in case they implemented the test and found fatigue cracks. Mr. Matsumoto said that in that case they should stop the traffic on the bridge and consult the fatigue crack specialist as soon as possible. Do not try to repair the cracks by yourself.

(END)

Attendance list of the meeting with
GARBLT & others on Feb.22nd 2016

Name	Job title / Organization
Dr. Eng. Abd El-Maguid	ACE Consulting
Eng. Salah Mostafa	Polymar Co.
Eng. Galal Elmslhy	Polymar Co.
Eng. Ahmed Gad	SAMCO
Eng. Hala Sayed Helmy	Head of Bridge Sector / GARBLT
Eng. Aly Elsafty Abdallah	GARBLT
Eng. Wafaa Mubarak	GARBLT
Eng. Osama Aly Fahmy	GARBLT
Eng. Essam Taha Mangoud	GARBLT
Eng. Ahmed Zayed	GARBLT
Tatsuo Mukoyama	JICA Study Team
Kei Ikegami	JICA Representatice
Dr. Ashraf Elabd	JICA Chief Program Officer
Hana Rady Mohamed	Interpreter



7-4 Result Report of Site Survey 2

Date: September 6th 2016, **Time** 11:00, **Place:** GARBLT

Attendances:

From GARBLT: Eng. Osama Fahmy, Eng. Esan Taha, Eng.Desamhy Osman,
Eng. Ahmed Saud

From ACE: Dr. Meguid

From JICA: Ikegami, Ashraf, Mukoyama

Objectives:

- Site Survey Report (South Side), Steel Deck Surface Check, Thickness measurement of Steel Deck Plate, Inspection of inside of the Box Girder.
- Training Seminar

Main discussion points and conclusions:

- The JE explained the presentation which summarizes the activities in Survey 2. The conclusion of Survey 2 is as follows.
 - 1 Regarding the result of measurement of deck thickness and the result of survey for fatigue cracks, the repair for the Steel deck (South Side) is not needed same as North Side.
- Mr. Mukoyama explained about the maintenance Management Plan as Training Seminar. The contents are as follows.
 - 1 Pavement
 - 2 The Repair Plan for the Steel Deck plate
 - 3 The Reinforcement method of the Steel Deck plate
- GARBLT requested JICA that the following items shall be mentioned in “Chapter 4 Conclusion and recommendation”.
 - 1 The definite maintenance method shall be mentioned
 - 2 The reinforcement of Steel Deck plate shall be implemented at the same time as the repair of Steel Deck plate.

(END)

付属資料8 通信文書一覽

 **ORIENTAL CONSULTANTS**
Global Consulting for Sustainable Development

 **CHODAI CO., LTD.**
CONSULTING ENGINEERS & PLANNERS

Follow-up Cooperation Study on the Project for Construction of the Suez Canal Bridge

Date: January 28, 2016

Total: 1page

Your Ref. No. :

Our Ref. No. : OC-GARBLT-001

To: **Authority for Roads, Bridges & Land Transport(GARBLT)**
151 Nasr Road-Nasr City- Cairo-Egypt

Subject: **Advice for the removal method of the rust of Steel Deck plate**

Dear Sir,

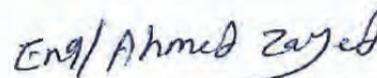
We would like to send a letter of our opinion, as follows.

As we explained at the meeting, at GARBLT Qantara office(23rd,January), after the removal of the pavement, it is recommended to blast the steel deck surface to the degree of 3% remaining rust. The degree of 3% remaining rust is shown in the attached sheet.

Your acceptance and signature to this letter would be highly appreciated.

Sincerely yours,

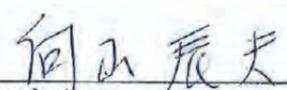
JICA Study Team



Received by :

Mrs. Hala Helmy

Head of Sector for Bridges
of GARBLT


Sent by:

Tatsuo MUKOYAMA

Leader of Study Team

JV of Oriental Consultants Global Co., Ltd.
& Chodai Co., Ltd.

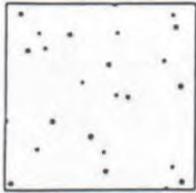
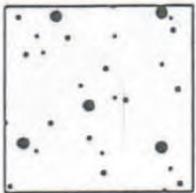
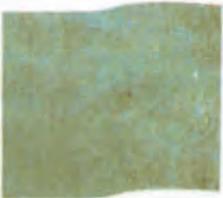
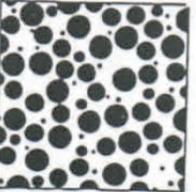
c.c.:

- JICA Egypt Office

Attachment:

- Table for the removal of rust

表 6.7 さびの発生程度標準図および写真例

さびの発生程度	ASTM D610 ¹³⁾ (標準図)	鋼床版のさびの発生状況 (現場写真例)	備 考
1%	 1%	 1%程度	●点さびが少し存在している。
3%	 3%	 3%程度	●点さびが広範囲にわたって存在している。
10%	 10%	 10%程度	●部分的に点さび等が集中して発生している。
33%	 33%	 33%程度	●全面にわたって著しいさびが発生している。
50%	 50%	 50%程度	●全面にわたって著しいさびが発生している。

[注] 1) 鋼床版のさびの発生状況には種々の形態があるので、上記の写真にとらわれることなく観察する必要がある。
2) 上記写真は、製作後約2年間工場のストックヤードに放置されたものを撮影した。

Follow-up Cooperation Study on the Project for Construction of the Suez Canal Bridge

Date: January 28, 2016

Total: 1page

Your Ref. No. :

Our Ref. No. : OC-GARBLT-002

To: **Authority for Roads, Bridges & Land Transport(GARBLT)**
151 Nasr Road-Nasr City- Cairo-Egypt

Subject: **Thickness Measurement**

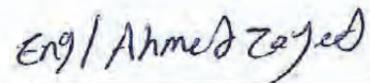
Dear Sir,

We would like to send a letter of our opinion, as follows. As for the longitudinal measurement positions along the bridge, proposed by ACE consultant, JICA Study Team has no objection. As for the bridge lateral direction, the opinion of the JICA study team is as follows. The line pavement cracks appear as shown in the Photo 1, 2, 3 and 4. Below the pavement cracks, it can be supposed that the rust of the steel plate may progress more easily because the water comes down from the pavement cracks. This may be the reason why the rusts appear on the surface of the steel plate in a manner shown in Photo 10.

From this situation, it would be better to decide the place of thickness measurements across the bridge width after checking the condition of the rust at the position. The places with no rust, the thickness is 12mm. With severe rusts, the thickness may be reduced. Places with more rusts across the bridge width should be checked. The condition of the lateral line across the bridge along which the thickness is measured, should be photographed and recorded. Without the data of the rust along the lateral line, 6 positions are proposed by ACE Consultant, but these positions need to be decided at the site.

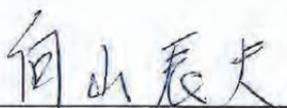
Your acceptance and signature to this letter would be highly appreciated.

Sincerely yours,
JICA Study Team



Received by :

Mrs. Hala Helmy
Head of Sector for Bridges
of GARBLT


Sent by :

Tatsuo MUKOYAMA
Leader of Study Team
JV of Oriental Consultants Global Co., Ltd.
& Chodai Co., Ltd.

c.c.:

· JICA Egypt Office

Attachment:

· Fig.1-1,1-2 & Photo

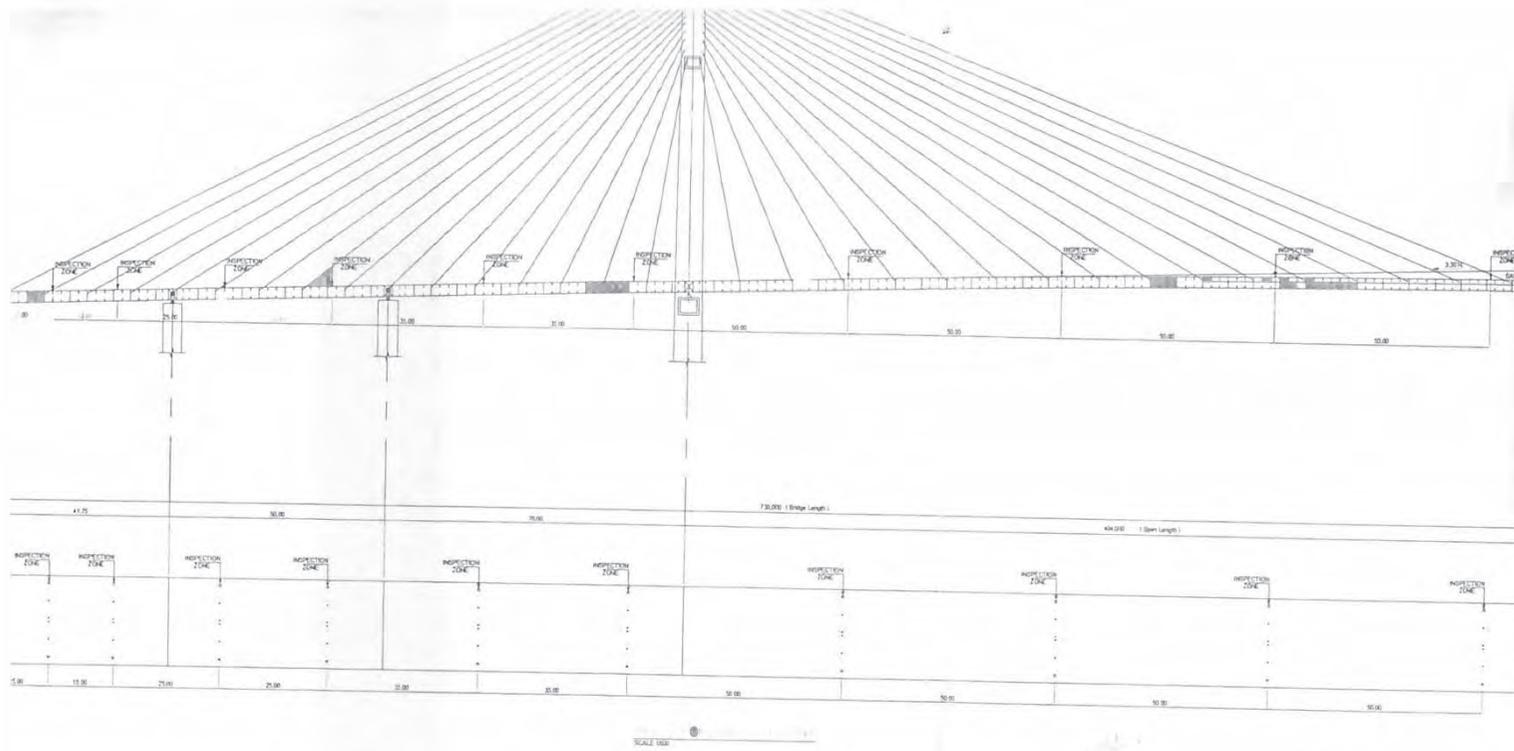
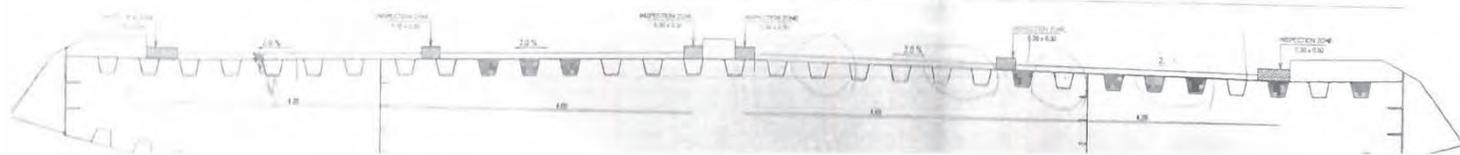


Fig - Point for checking the thickness of Deck plate
Longitudinal 20 x Section 6 = 20 p'nts)



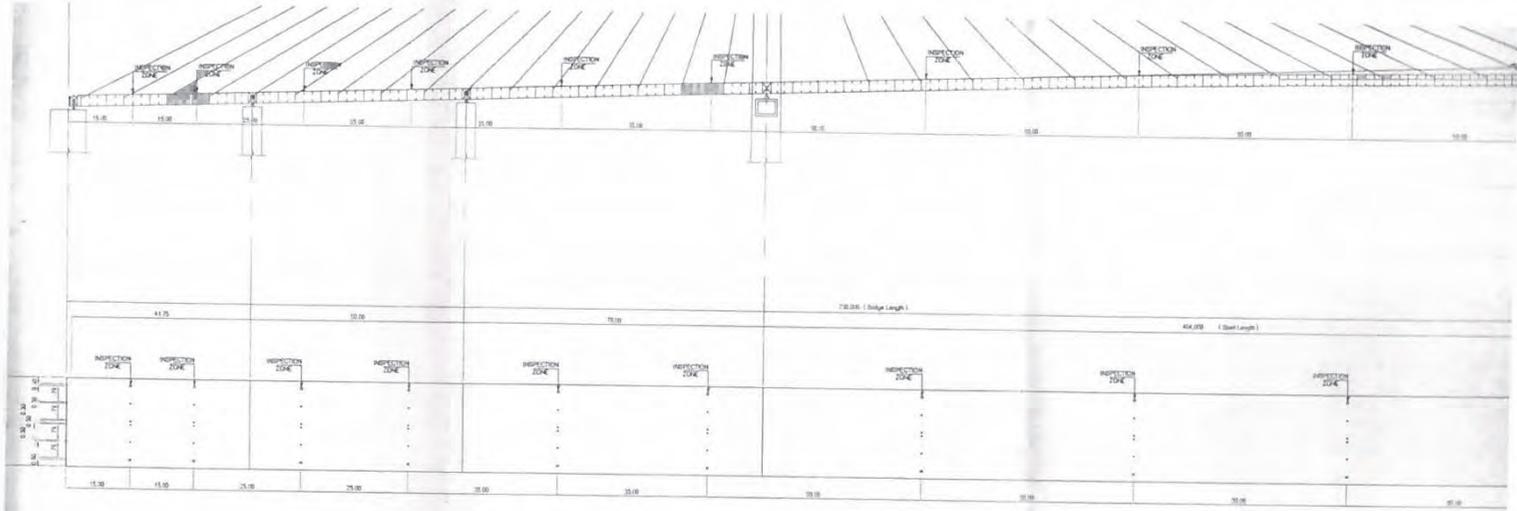
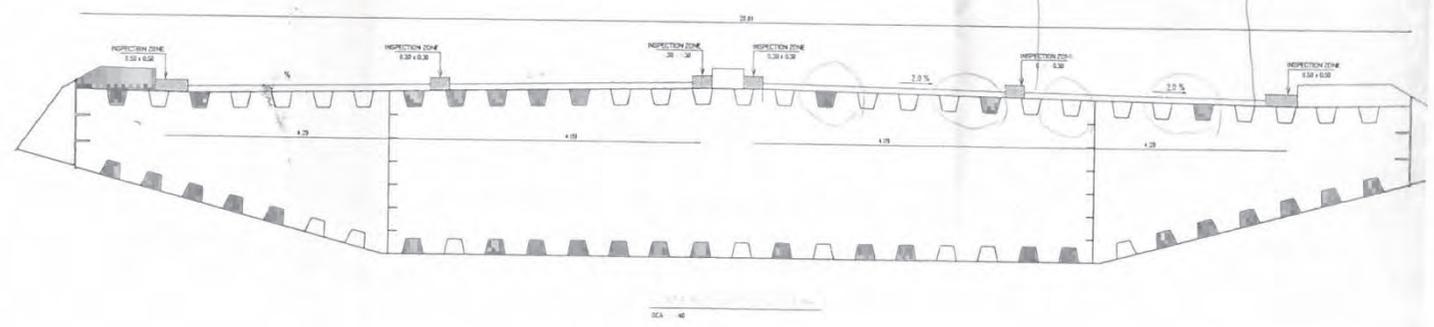


Fig-2. Sect'n joints (6 joints) Lane mark. Lane mark



Tuesday January 26th, 2016

The Study Team visited the Bridge Site at 10 AM.



1. East side of the bridge and north lanes. Looking towards West on Overtaking Lane. Line repairs of pavements are visible.



2. Driving Lane and 5 lines of pavement repair are visible. These lines correspond to the center of the U-ribs or the center of two adjacent U-ribs. This will be explained in detail, later.



3. In this area, a repair line near the right white line, which is at the center of R4, is visible. But over this line, tires do not run so often and the reason of the crack formation is unclear.



4. On the south lane, the pavement crack over R4 U-rib is not formed.



5. Near the bridge center, a crack line over R4 is not formed.



6. Near the tower, pavement materials were removed and the starving horse is visible. A temporary hand hole is between R4 and R5.



7. The welding line of R4 U-rib below the steel deck, which is 64cm apart from the curb is visible on the left of the brown shoes.



8. Corroded area near the west tower. This may be worst corroded.



9. Corrosion near the west tower and on the North Lane.



10. The corroded areas are on both sides which are below the cracked pavement areas. The center area is healthier.

Follow-up Cooperation Study on the Project for Construction of the Suez Canal Bridge

Date: February 3, 2016

Total: 1page

Your Ref. No. :

Our Ref. No. : OC-GARBLT-003

To: **Authority for Roads, Bridges & Land Transport(GARBLT)**
151 Nasr Road-Nasr City- Cairo-Egypt

Subject: **Opinion about the pavement which GARBLT recommended**

Dear Sir,

We would like to send a letter of our opinions about the pavement which GARBLT recommended as attached.

Your acceptance and signature to this letter would be highly appreciated.

Sincerely yours,
JICA Study Team

Eng/Ahmed Zayed

Received by :

Mrs. Hala Helmy
Head of Sector for Bridges
of GARBLT

Sent by :

向山辰夫

Tatsuo MUKOYAMA
Leader of Study Team
JV of Oriental Consultants Global Co., Ltd.
& Chodai Co., Ltd.

c.c.:

- GARBLT Qantara office
- SAMCO, ACE
- JICA Egypt Office

Attachment:

- Opinion about the pavement which GARBLT recommended

Opinion about the pavement which GARBLT recommended

According to the paper submitted by ACE consultant, Poly Poxy T775 is Tar Epoxy. We did not understand what Poly Poxy T775 is, without this information.

Tar Epoxy is only a painting material which can strongly protect steel materials even on the sea water splashing zone. Tar epoxy is employed for the painting of the ship collision buffers of the Seto Ohashi Bridges and it is very effective.

But recently due to its bad effect to the environment, Tar Epoxy will be abolished soon.

We have investigated the application cases in Japan of the Tar Epoxy of 15mm thickness as the lower layer of the pavement. We do not have such a case. We also asked a pavement company, they also do not understand the pavement structure proposed by GARBLT.

From the experience of Japan, it is impossible to advise anything to this pavement. If they test the pull-out test, we can just say that the adhesion test result is good enough or not. We do not know its long time stability, crack resistance, etc.

The 2012 report recommended Guss Asphalt method and we hope GARBLT will apply this pavement.

If they cannot, they may apply SMA method at their own risk. Even in this case, CATICOAT, which is a primer between the water-proof material and the steel deck, and the SEROSEAL, a water-proof layer, or equivalent of these two, need to be procured from Japan or Germany.

Study Team

Follow-up Cooperation Study on the Project for Construction of the Suez Canal Bridge

Date: February 22, 2016

Total: 1page

Your Ref. No. :

Our Ref. No. : OC-GARBLT-004

To: **Authority for Roads, Bridges & Land Transport(GARBLT)**
151 Nasr Road-Nasr City- Cairo-Egypt

Subject: Conclusion of Site survey 1 (January & February 2016)

Dear Sir,

We would like to send a letter of our conclusion of Site survey 1as follows (Please refer attached report)

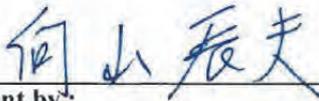
1 We cannot guarantee the success of the application of this pavement that was recommended by GARBLT to the Suez Bridge because of our no experience of this type of pavement. But at the same time regarding to the experience of same type of pavement to Masara bridge, we do not oppose your application of this pavement to the Suez Bridge at your own responsibility.

2 Regarding to the result of measurement of deck thickness and the result of survey for fatigue cracks, the repair for the Steel deck doesn't need now.

Your acceptance and signature to this letter would be highly appreciated.

Sincerely yours,
JICA Study Team

Sent by:


Tatsuo MUKOYAMA
Leader of Study Team
JV of Oriental Consultants Global Co., Ltd.
& Chodai Co., Ltd.

c.c.:

- GARBLT Qantara office
- SAMCO, ACE
- JICA Egypt Office

Attachment:

- Report of site survey 1
- Report of visiting Masara bride

Received by :

Mrs. Hala Helmy
Head of Sector for Bridges
of GARBLT



Follow-up Cooperation Study on the Bridge Design (Counterpart Training for the Suez Canal Bridge Project)



Report of Site Survey 1



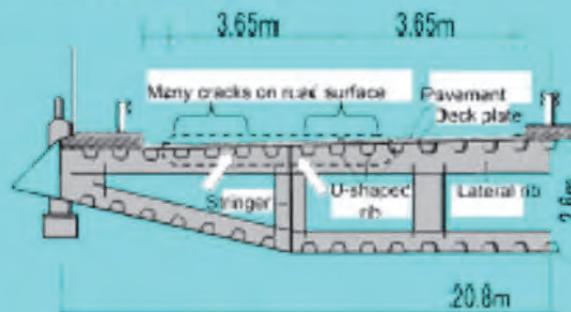
February, 2016

Oriental Consultants Global Co., Ltd.
CHODAI Co., Ltd.

1

Report of Site Survey 1

- The Box Girder consists of 3 cells and the steel deck plate is 12 mm thick, reinforced by U-shaped ribs.



- The top surface of the steel deck plate can be checked visually. Check lines of rust. They can indicate fatigue cracks. If they are found, contact immediately fatigue crack specialists.
- Do not apply heat or welding on the steel bridge deck surface.

2



Lines of rust were not found. A line of rust can indicate the existence of penetrated fatigue crack initiated from inside of the deck plate. Non-existence of lines of rust does not assure non-existence of fatigue cracks inside. Fatigue cracks around U-shaped rib under deck plate need to be checked. White areas above are generally healthy. Red areas are rusty to some extent. Both ends of the road surface and the center are often rusty. The average reduction of thickness is not large.

3

Deck plate thickness was measured at site.



Table 1, Measured Plate Thickness (mm)

Distance From Bridge end	North Lane (West Bound, Starts to 10m(33ft))				
	Point	Course of Bridge			Bridge Edge
		A	B	C	
10m	1	11.83	11.53	11.58	11.97
30m	2	11.67	11.97	11.85	11.81
50m	3	11.90	12.01	11.59	12.09
56m	Extra1				11.21
80m	4	12.03	11.91	12.17	12.04
115m	5	11.94	11.93	12.08	12.09
150m	6	11.94	12.09	12.01	11.05
165m	Lower				
200m	7	12.10	12.07	11.96	12.01
230m	8	11.84	12.07	11.69	12.01
250m	Extra2	11.85			
300m	9	11.91	12.03	12.15	12.14
350m	10				
365m	Center				

5

Measurement of D6, First & Second Measurement



First measurement 11.97mm

Second measurement 11.66mm

6

Measurement of Extra1, Rustiest spot



Thickness 11.21mm

7

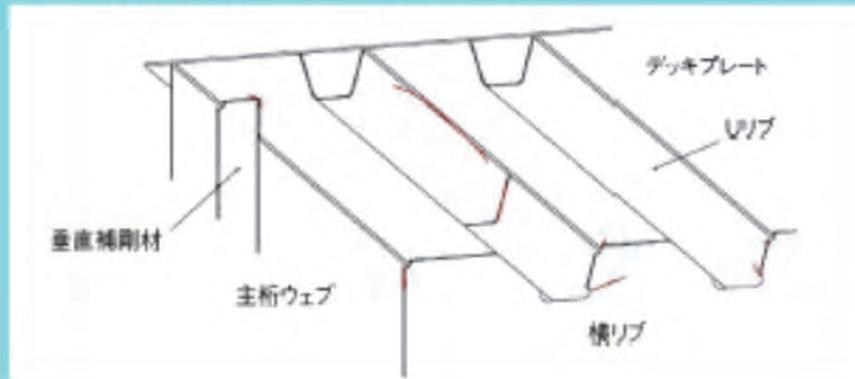
When the thickness was measured, two small cuts on the remaining of the lifting piece and the deck plate were found. It was requested to smoothen the cuts at the site, but SAMCO engineer proposed to do so later because a smaller grinder was easy to do so. This kind of cut should be avoided as far as possible.



8

Inspection under Deck Plate

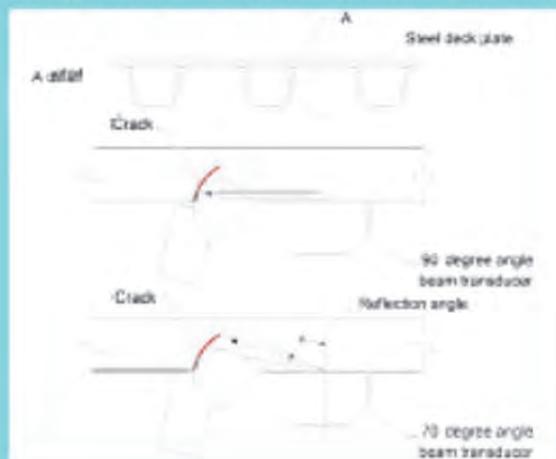
- Visual inspection to detect fatigue cracks around U-shaped rib and longitudinal rib inside steel deck girder.
- Places where fatigue cracks are often found. Check these places. Generally speaking these cracks appear earlier than the deck surface penetrated cracks. Therefore checking back side of deck plate is very important.



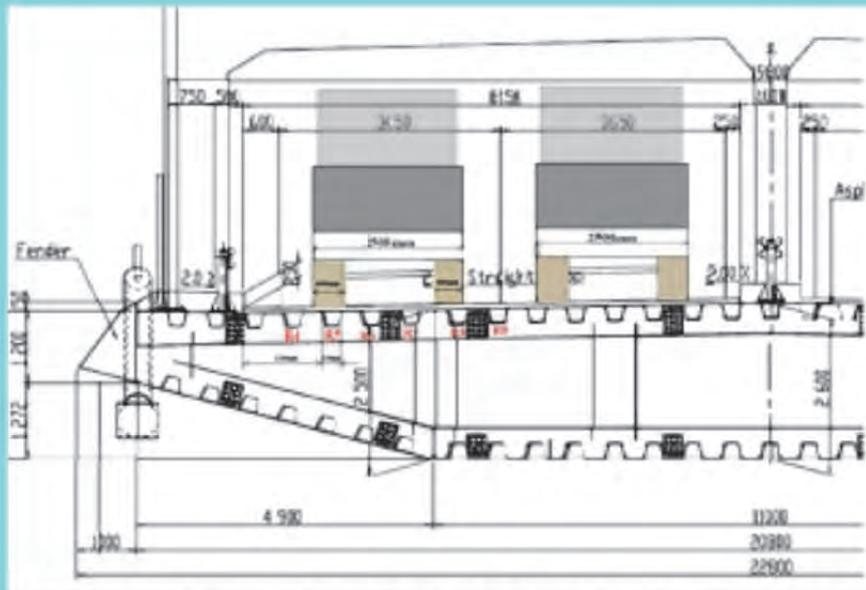
9

Deck Surface Penetrated Cracks, Line of Rust

- The crack initiated from the inside welding bead of U-rib may penetrate the bridge deck. This will result in a line of rust on the deck surface. The Ultrasonic test can detect cracks in the welded joints of the U-shaped rib and the steel deck plate, which cannot be detected by visual inspection.



10



Generally more fatigue cracks are found under driving lane than overtaking lane. Check these places.

11

Some places of R5, R6, R8 U-ribs were investigated in this study, but no cracks were found. But places need to be continuously inspected. If fatigue cracks are found, immediately contact fatigue crack specialists.



L1 Position



L3 Position



L2 Position



C6 Position

12



- In 2012, places shown above were investigated for the plate thicknesses, fatigue cracks, corrossions. The results are listed in the final report, "Follow-up Cooperation Study on the Project for Construction of the Suez Canal Bridge, Final Report, March 2013, JICA". If GARBLT would like to check the condition of the deck plate by themselves, it is recommended to check the same places. For the exact places, please refer to the final report.
- If cracks are found, these cracks were formed after 2012, because in 2012, no cracks were found.

End of Report

13

Report of visiting Masara Bridge

Saturday February 6th, 2016

On 6th February, the Study Team visited the Maasara Bridge in Cairo City, at 11 AM and inspected the pavement and the orthotropic steel deck. The Maasara Bridge was constructed in 1988 when the subway was constructed by French Team. The Maasara Bridge which overpasses the subway was also designed by the French Team. The fabrication was also supervised the French team according to Dr. Meguid of ACE consultant. The pavement of the Maasara Bridge was a different one but it was repaved during January 1st to March 22nd, 1994 by the same specification proposed by the ACE consultant for the SUEZ Bridge. Since 1994, the pavement of the Maasara Bridge has shown the good results. The present condition of the pavement was inspected at the site.



1. The Maasara Bridge over Subway. On the right is the South Lane.



2. The traffic volume is not large but sometimes lager trucks pass.



3. Panels of orthotropic steel deck were fabricated at the shops and transported to the site and assembled. One panel is about 8m long, if lateral rib spacing is 2m, and consists of 6 U-ribs. The U-rib directly above the longitudinal beam is not a U-rib but it consists of two inclined plates.



4. Condition of pavement was quite good and no rust was observed on the deck surface. The yellow color shows the Zinc Chromate. Hexavalent(+6) Chrome is toxic but Trivalent(+3) Chrome is not.

The structure of the orthotropic steel deck panel adopted for the Maasara Bridge resembles the structure of the orthotropic steel deck adopted for the Suez Bridge.

But the longitudinal stiffness of the Maasara Bridge seems to be higher than that of the Suez Bridge, because the space of two U-ribs are supported by two longitudinal beams. (Photo 5)

But the space of the longitudinal web of the Suez Bridge is much longer. (Photo 20)

But these two orthotropic steel decks are supported by about 2m interval lateral beams, which are common for both two bridges.

The local area stiffness of the deck plate of these two bridges is similar. But the longitudinal stiffness of two bridges is different. Therefore it is difficult to conclude that this pavement is applicable to the Suez Bridge, as we do not have the experience of the application of this kind of pavement on the long span orthotropic steel deck bridges in Japan.

But at the same time, there is a possibility that the application of this pavement to the Suez Bridge can be successful.

Our conclusion is that we cannot guarantee the success of the application of this pavement to the Suez Bridge but at the same time we do not oppose your application of this pavement to the Suez Bridge at your own responsibility.

Follow-up Cooperation Study on the Project for Construction of the Suez Canal Bridge

Date: September 7, 2016

Total: 1page

Your Ref. No. :

Our Ref. No. : OC-GARBLT-005

To: **Authority for Roads, Bridges & Land Transport(GARBLT)**
151 Nasr Road-Nasr City- Cairo-Egypt

Subject: Conclusion of Site survey 2 (South Side)

Dear Sir,

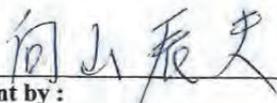
We would like to send a letter of our conclusion of Site survey 2as follows (Please refer attached report)

1 Regarding to the result of measurement of deck thickness and the result of survey for fatigue cracks, the repair for the Steel deck doesn't need now same as North Side.

Your acceptance and signature to this letter would be highly appreciated.

Sincerely yours,
JICA Study Team

Sent by :

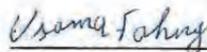

Tatsuo MUKOYAMA
Leader of Study Team
JV of Oriental Consultants Global Co., Ltd.
& Chodai Co., Ltd.

c.c.:

- GARBLT Qantara office
- SAMCO, ACE
- JICA Egypt Office

Attachment:

- Report of site survey 2



Received by :


Mrs. Hala Helmy
Head of Sector for Bridges
of GARBLT