

エジプト国 交通省

エジプト国
スエズ運河架橋建設計画
フォローアップ協力調査
(鋼床版舗装)

調査報告書

平成 25 年 3 月
(2013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
株式会社 長 大

| |
|--------|
| 資金 |
| CR(1) |
| 12-011 |

エジプト国 交通省

エジプト国

スエズ運河架橋建設計画
フォローアップ協力調査
(鋼床版舗装)

調査報告書

平成 25 年 3 月
(2013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
株式会社 長 大

要約

① 国の概要

エジプトアラブ共和国（以下「エ」国という）は国土約 100 万 km² でアフリカ大陸北東部に位置し、西にリビア、南にスーダン、北東にイスラエルと隣接し、北は地中海、東は紅海に面している。南北に流れるナイル川の河谷とデルタ地帯（ナイル・デルタ）を除く国土の大部分が砂漠であり、本調査対象の橋梁が渡河するスエズ運河沿いの西岸は農地で、東岸には広大な砂漠地帯が広がっている。人口はアフリカ大陸ではナイジェリア、エチオピアに次ぐ第 3 位の 8,254 万人（2011 年：世界銀行）で、若年層が非常に多いピラミッド型の人口構成をしている。全人口の約 70 %はナイルデルタ地域に集中しており、民族はイスラム教徒とキリスト教徒（主にコプト教会）からなるアラブ人がほとんどを占めており、その他に少数のヌビル人、アルメニア人、ギリシア人も居住している。

気候は一般に乾燥しており、夏期（4 月～10 月）は暑い、冬期（11 月～3 月）にはわずかながら降雨がある。本調査対象地域の降雨日数は年間 20 日程度で、年間降雨量は 30mm ときわめて少ない。また、気温（1984 年～1994 年）は、最高 35.9℃（7 月）、最低 7.8℃（1 月）であり、砂漠気候のため湿度は極めて低いが、早朝には霧が発生することも珍しくない。

主要産業は、農業・鉱工業を中心とする第一次産業と石油産業で全体の約半数を占めており、これに加え貿易・金融・保険、運輸業が続いている。2004 年 7 月のナズイーフ内閣発足以降、経済改革や天然ガス輸出の本格化などを要因として、2006 年～2008 年にかけて 7%前後の成長を記録するなど、急速な経済成長を遂げている。これに伴い、旅客輸送及び特にコンテナを中心とする貨物輸送需要も急激に増加し、また、新たな港湾、空港、道路の建設や工業団地の整備などによる物流ニーズが増加している。

「エ」国の自動車保有台数は約 466 万台で、55%を一般私用車が占めている（2008 年）。全国の主要幹線道路は運輸省傘下の道路橋梁庁（Authority for Roads, Bridges and Land Transport、以下 GARBLT という）が建設・管理を実施している。道路網はカイロを中心にナイル川流域および紅海沿岸まで整備されており、カイロ～アレキサンドリア間、カイロ～イスマイリア間などの有料道路がある。スエズ運河を横断する道路としては、本調査対象のスエズ運河架橋及びアハマド・ハムディトンネルがある。しかしながら、カイロ都市圏では、近年急速にモータリゼーションが進んだ結果、慢性的な道路混雑が発生しており、特に都市部周辺の再道路整備が不可欠となっている。

2011 年 1 月、ムバラク大統領退陣を求める民衆による大規模デモが全土で発生し、これをきっかけに 30 年に及んだ同大統領による政権が崩壊した。同 3 月の国民投票による憲法改正が

承認されたことを経て2012年5月の統領選挙の結果ムルスイー自由公正党党首が文民大統領として就任した。新内閣発足後もデモや小中規模の暴動は発生するものの、一応の政治的安定が続き「エ」国の発展が期待されている。

② 調査の背景・経緯

スエズ運河架橋（以下、「本橋梁」）は、我が国と「エ」国の両国間の共同事業（日本側は無償資金協力）として建設されたスエズ運河を渡す長大橋であり、当該地域の道路交通上で重要な役割を担うとともに、両国間の友好関係の象徴となっている。

本橋梁は2001年9月に引き渡され、2001年10月に有料道路として供用が開始された。2002年5月には供用前から運行していたフェリーの運行が取りやめられ、本格的な運用が開始された。その後、ほどなくして上り車線（西向き車線）に縦断方向のクラックが発見され2002年7月に施工業者が調査を行い、部分的な補修が実施された。更に通常1年の瑕疵期間が舗装に関しては2年に延長され、クラックの経過観察とともに、適宜クラック補修が実施された。また、GARBLTは2002年9月から運行車両の軸重制限を開始するなど、これらの対応によりクラックはこれ以上大きく進展することはないと考えられていた。

この後、2003年9月に舗装の瑕疵検査が行われ、舗装クラックに関する見解書（原因は過積載車両の通行、軸重制限及び今後の適切な維持管理により再舗装の必要はない）とともに、2006年9月までに必要となる補修材料が贈与された。

現在もGARBLTは通行車両の軸重制限を継続的に実施しており、またクラックに対する補修は瑕疵検査以降も年1回のペースで実施されていたにも拘わらず、本橋の舗装面のクラックは瑕疵検査当時よりもかなり進行し、特に走行車線では、橋軸方向のクラックが輪荷重走行位置に複数本発生するなど、このまま放置すると表層剥離（ポットホール）した舗装塊が走行車両をに損害を与えるのではないかと危惧され、深刻な状態となっている。

しかし、GARBLTには本橋梁のような長大橋かつ鋼床版の斜張橋での舗装打換経験はなく、瑕疵検査時に指導された補修方法以外には有効な対策を施すことが出来ない状況にある。

一方、(株)オリエンタルコンサルタンツ・(株)長大共同企業体は、本橋下部工を対象とした『エジプト国・スエズ運河架橋建設計画F/U協力調査』の2011年5月と8月の現地調査の際に、舗装の破損状況についても簡易な調査を実施し、舗装面の損傷がかなり進行していることを確認した。

このような状況下、GARBLTはJICAに対して舗装損傷状況に係わるF/U協力調査の実施を要請した。

これを受け、JICAはF/U協力調査として、2011年11月から2012年9月までの11ヶ月間に亘り、第一回現地調査として2011年11月15日～12月22日に7名の調査団を、第二回現地調査として2012年2月21日～2月29日に同じく6名を、第三回現地調査として2012年5月30日～6月6日に同じく3名を、そして第四回現地調査として2012年8月31日～9月10日に2名の調査団を派遣した。

③ 調査の目的

本橋梁は、幹線道路であるイスマイリアーポートサイド線上のスエズ運河を渡河する、スエズ運河地中海の港ポートサイドから48.5km地点に位置しスエズ運河の横断交通に対する安定的な交通路の確保のために不可欠な施設である。本調査はわが国無償資金協力で整備したスエズ運河架橋の橋面舗装に発生した損傷の詳細調査を実施し、舗装の損傷度合いと鋼床版の健全度を評価するものである。また補修対策が必要な箇所・部位の補修計画を検討し、今後の維持管理方法について先方実施機関に提言することを目的とする。

④ 調査概要

先に述べた背景・経緯及び目的から本調査の主な内容は以下の通りである。

| | |
|-----------------------------------|--|
| <p>橋面舗装及び鋼床版の損傷状況の確認と評価</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・ 舗装面の変状全体調査: 写真撮影によるクラックサイズの測定とクラック分布図の作成 ・ 掘削調査によるデッキプレートの表面調査 ・ コア採取試験による接着層の接着力測定とクラック深度の調査 ・ 箱桁内部目視調査 ・ 磁粉探傷法と超音波探傷法による鋼部材の亀裂探査 ・ 超音波による鋼床版の板厚測定調査 |
| <p>舗装補修工法の検討・選定と入札図書(案)の作成と提出</p> | |
| <p>資機材の調達状況及び概略事業費の算出</p> | |
| <p>主要なクラックに対する応急補修作業の実施</p> | |
| <p>維持管理体制の現状把握と提言</p> | |

1. 橋面舗装及び鋼床版の損傷状況の確認と評価

2011年5月と8月の橋梁下部工F/U現地調査の際に、舗装状況について簡易な調査を行い、主橋梁舗装面のかなり広い部分にクラックが発生していることが確認された。GARBLTの要請

による主橋梁施工業者による過年度の自主調査（2002年7月）、（2003年1月）と比較して、クラックは広範囲に広がり特に下り線（南側）が上り線（北側）に比べ、損傷範囲が広く、かつ上下線とも走行車線（外側車線）が追い越し車線（内側車線）に比べ損傷が広いことが確認されている。

舗装面のクラック発生状況の定量的把握のために、変状全体調査（写真撮影法による調査）を行った。変状全体調査の結果、舗装全体面積の95%にひび割れが発生し、70%の面積はひび割れ幅10mm以上であり、特に南側（下り車線）の通行車線（外側車線）のひび割れが最も顕著である。

さらに、ひび割れの状況を詳細に確認するために、損傷が顕著な部分を6箇所選定し、1箇所当たり（幅4m×長さ6m）の範囲の舗装を鋼床版まで掘削除去した。その結果、ひび割れ幅10mm以上のものは基層まで舗装を貫通していた。最大ひび割れ幅は40mmであり、アスファルト舗装が部分的に基層から剥離し、鋼床版と基層の間の接着層も劣化した状態であった。

接着層については剥離過程でバラバラになる程劣化した箇所、接着層が固化して鋼床版から剥がすのに容易ではない箇所、健全であるように見えるが接着層が容易に剥がれてしまう箇所など、劣化程度の違いはあるが全体的に接着層は劣化していると判断した。

損傷箇所6箇所（直径100mm）のコア採取試験においても、ひび割れは舗装を貫通し、接着層は殆ど機能していないことが判明した。ひび割れは本橋開通直後の荷重制限が行われないうちで、過積載車輛の通過により発生したものと思われる。その後、補修作業は実施されたが、十分な効果が期待出来ない方法であったため、クラックの幅と深さが更に発達していった。さらにこれらクラックに雨水が浸透し接着層の防水機能を損ね、接着層の劣化がさらにクラックの発達を招いたと推測される。

一方、本橋梁の主桁構造は、縦桁を中間に有する3室の鋼床版箱桁である。鋼床版は、12mmのデッキプレートとそれを補強する縦リブ（Uリブ）とから構成される。鋼床版桁の舗装クラックは鋼床版の鋼部材の疲労クラックを伴う場合がある。この鋼部材上のクラックは構造的安全性の観点から見逃がせない損傷であり、損傷の程度によっては緊急的な桁補修工事をも必要とする。したがって鋼床版の鋼部材の損傷の有無を調査するため、鋼床版上面での調査（目視調査、超音波による鋼床版板厚測定）と主桁内部からの査調（目視調査、超音波探傷法によるUリブ接合部の疲労亀裂調査）を実施した。

鋼床版上面の調査は、舗装ひびわれ発生・進行が著しい部分（幅1m×長さ1m）3箇所と表面上健全な（幅0.3m×長さ0.3m）2箇所の舗装と接着層を除去した後に目視調査と超音波探傷法による調査を実施した。目視調査によって、接着層の下側にも水分が侵入し、全ての調

査位置で鋼床版上面に錆が発生していた。錆によって板厚が減少した鋼床版の厚みは上面に付着した孔食状錆を丁寧に除去した後に超音波法によって測定した。

板厚の減少は調査位置により異なっている。南側走行車線は北側に比較してかなり腐食が進行していた。錆による板厚減少は約 0.5mm 程度であり最大でも 1mm 未満である。

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、しかしこ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。

安全性の確認のため、鋼床版の板厚が現状の 12.0mm から 11.5mm および 11.0mm に減じた場合の縦リブの応力度を概略計算した結果、板厚が 11.0mm になった場合でも、応力変動は 1% 未満と小さく、許容応力度に対して十分余裕があると判断した。

加えて鋼箱桁構造の内部において損傷の有無を調査した。鋼床版桁内部の損傷で特に問題となるのは、デッキプレートと U リブの接合部に生じる疲労亀裂である。鋼箱桁内部から舗装面クラック位置の直下の U リブや縦リブ近傍を目視調査と触手調査を行ったが疲労亀裂は検出されなかった。U リブとデッキプレートの接合部（溶接部）の内部からデッキプレートに貫通するひびわれの検知は目視では確認できないので、超音波探傷試験により実施したが、鋼材の疲労亀裂は検出されなかった。

以上の鋼床版外部及び内部調査の結果より、鋼床版桁に疲労亀裂は無いものの、鋼床版上面の発錆と接着層の劣化とが確認された。これは舗装の損傷が進行し、ひびわれが鋼床版上面まで貫通した結果であると推測できる。

よって舗装の全面打ち替えと共に、鋼床版上面の錆を除去した上で接着層も補修工法に合わせて更新する必要があるという結論に達した。

2. 舗装補修工法の検討・選定

日本では、グースアスファルト舗装工法が鋼床版の舗装実績の大半を占めており信頼性が高い。しかし、グースアスファルト舗装は通常工法より高温で舗設し特殊機材も必要となることから、一般の舗装機材でも施工可能な SMA（砕石マスティック舗装）工法が開発された経緯がある。ただし SMA 工法はグースアスファルト工法に比べてたわみ追従性は劣るという特徴がある。

本橋の現況の舗装構成は、SMA 工法による基層と密粒度改質アスファルト工法による表層によって構成されている。本橋の詳細設計当時の背景として、途上国では特殊な材料、機材、

設備の調達が一般的に難しいことから、資機材の調達が比較的容易で且つ一般のアスファルト舗装工法と比較して轍掘れやたわみに対する剛性が大きい SMA 工法が採用された。

本調査の途中段階においては、鋼床版舗装に相応しい技術を有した日本等の建設業者が補修工事をするか、または「エ」国の建設業者が主体となって実施するかが確定されていなかった。

一方、「エ」国内建設業者は、カイロ市内の鋼床版高架橋を施工した実績を有している。また、一般のアスファルト舗装工事の経験と実績は豊富である。しかし一方で、鋼床版が露出するほど舗装が損傷しているにも係わらず、舗装補修工事が実施されていない状態の橋も多く見られる。また、SMA 工法の施工を独自で実施できる能力は有していない。

以上の背景を基に以下の工法を抽出し比較検討した。

- 基層:改質アスファルト, 表層:密粒度改質アスファルト (一般の RC 床版用舗装)
- 基層:SMA (砕石マスティック), 表層:密粒度改質アスファルト (本橋梁の既設の舗装工法)
- **基層:グースアスファルト, 表層: 密粒度改質アスファルト (一般的に鋼床版に適用)**
- 基層:エポキシ樹脂舗装 (新技術による工法), 表層:密粒度改質アスファルト
- 基層:鋼繊維補強コンクリート (新技術による工法), 表層:密粒度改質アスファルト
- 基層:ゴムラテックスモルタル舗装 (新技術による工法), 表層:密粒度改質アスファルト

工法比較表を以下に示す。なお、各工法の経済性 (概算工事費) は国内工事の実績に基づき算定した。

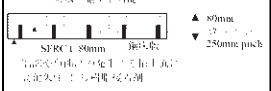
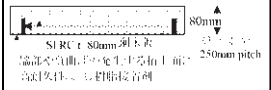
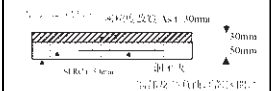

| 工 法 | 特 徴 | 経 済 性 | 評 価 |
|---|---|--|-------------------|
| 改質アスファルト工法  | 一般のコンクリート床版上および土工区間の舗装と同じ仕様であり材料、機材、施工業者はエンブ国内単独で調達可能である。しかし鋼床版舗装に求められるたわみ追従性が乏しいことから、鋼床版との接着性に劣り剥離と損傷が発生しやすく、 鋼床版の舗装としての寿命は極めて短い。 | 初期全面補修費用 192,000千円 維持管理費(50年) = 1,258,000千円 (毎年の補修) +(10年に1度の表層全面打替) 合 計 1,450,000千円 | 鋼床版舗装として不適 |
| 碎石マスティック工法 Stone Mastic Asphalt (SMA)  | 本橋梁の既設の舗装工法。ドイツで開発。一般のアスファルト舗装用機材で施工が出来る、 本橋建設当時、日本でゲースアスファルト舗装の代用として導入された。 植物繊維を混合することで、合成效果が期待できて耐久性とたわみ追従性が向上するが、鋼床版との接着性にやや劣るため追従性が小さく、予想外の大きな軸重により舗装クラックが発生した場合は水分浸透によって、接着層まで劣化する可能性がある。接着層及び防水層は日本もしくは欧州からの調達となる。 | 初期全面補修費用 264,000千円 維持管理費(50年) = 336,000千円 (2年に1度の補修) +(10年に1度の表層全面打替) 合 計 600,000千円 | × |
| ゲースアスファルト工法 Guss Asphalt  | 鋼床版の舗装としてドイツで開発。わが国の長大橋梁の鋼床版舗装では殆どがこの工法であり、1950年代から多くの実績がある。たわみ追従性に優れ、 鋼床版との接着性が高い。 トリニタクトレリアスファルトTLAを混合したゲースアスファルト混合物は一般の舗装より高温(220~260℃)での舗装となるため、 専用のクッカー車とフィニッシャーが必須機材である。 TLAは第三国からの輸入、クッカー車とフィニッシャーは日本及び欧州からの調達となる。 | 補修費用 538,000千円 維持管理費(50年) = 211,000千円 (4年に1度の補修) +(10年に1度の表層全面打替) 合 計 749,000千円 | ○ |
| エポキシ樹脂工法  | 米国で開発。たわみ追従性に優れる、 日本で試験施工の実績ある鋼床版舗装の新技术である。 空隙がほとんどないため水密性と耐流動性に優れている。また鋼床版との接着性が高いため、防水層としての効果も併せ持つ。しかし、エポキシアスファルトはフロン出荷から施工終了まで可使用時間3時間と短く、 品質確保のため高度な施工技術を要する。 | 初期全面補修費用 312,000千円 維持管理費(50年) = 211,000千円 =(4年に1度の補修)と(10年に1度の表層全面打替) 合 計 523,000千円 | × |
| 鋼繊維補強セメント工法 Steel Fiber Reinforced Concrete  | 供用後20年以上の鋼床版(板厚12mm)の繰返し荷重による疲労亀裂が問題となり、その対策工として日本で開発された。 施工実績は日本に限られる(実績経年:4年)。 鋼繊維補強コンクリートを用い、高耐久型エポキシ剤を介して鋼床版とコンクリートを一体化させ剛性を向上させる。しかし、高耐久型エポキシ剤の塗布からコンクリート打設まで短時間で施工する必要がある。しかし剛性向上は一体化が担保となっているため、短時間内で一連の工程が実施出来ない場合は所定の品質が確保できない。施工。加えてコンクリート層厚が薄いため、緻密な施工が実践出来ない場合は舗装面のクラックの発生・成長・浸水のリスクが避けられない。 | 初期全面補修費用 492,000千円 維持管理費(50年) = 211,000千円 (4年に1度の補修) +(10年に1度の表層全面打替) 合 計 703,000千円 | △ |
| ゴムラテックスモルタル工法 Gum Latex Mortar (GLM)  | 鋼床版のデッキプレートにストレッチラジエンを主成分とするゴムラテックスを混入したモルタルを舗装する。上記の鋼繊維補強工法と同様に、デッキプレートと合成させて、鋼床版の疲労耐久性を向上させる工法である。新技术であり、 日本でも試験施工の段階で実績は少ない | 初期全面補修費用 684,000千円 維持管理費(50年) = 211,000千円 (4年に1度の補修) と(10年に1度の表層全面打替) 合 計 895,000千円 | × |

比較検討の結果、調査団は資機材の調達の可能性を考慮し、補修工事実施後も舗装・鋼床版双方の健全性を保証できること、及び施工性においても実現可能と判断できるゲースアスファルト工法を本橋の鋼床版舗装の補修工法として提案した。

これに対し GARBLT は、ゲースアスファルト工法の優位性を理解するものの、特殊な資機材を諸外国等から輸入する必要性や「エ」国内業者に実績が無いことを懸念し、ゲース工法採用に難色を示した。また、コンクリート舗装は「エ」国内でも実績が有り、セメント系の舗装用資機材は国内でも調達できると考え、SFRC 舗装 (Steel Fiber Reinforced Concrete ;

鋼繊維補強コンクリート舗装)の採用を強く望んだ。そして日本の高靱性補強コンクリート (Engineered Cementitious Composite: ECC)を含むセメント系鋼床版補強工法の検討を JICA に要請した。この要請に対し調査団はグース工法との再比較を前提に、セメント系鋼床版補強舗装の各工法について「エ」国の調達状況、気候、施工業者能力を勘案した上で以下の複数案を抽出した後、最も可能性の有る SFRC スタッドタイプ工法を選択した。

- SFRC スタッドタイプ→選択
- SFRC ボンドタイプ (高耐久性エポキシ樹脂系接着剤使用)
- SFRC ボンドタイプ+表層アスファルト
- SFRC スタッドタイプ+表層アスファルト

| 工 法 | 特 徴 | 経 済 性 | 評 価 |
|--|---|---|-----|
| SFRCスタッドタイプ  | スタッドで鋼床版とSFRCを密着させることで、合成を高めたわみに対応する構造である。端部や負曲げの発生する桁上面に高耐久性エポキシ樹脂系接着剤を用いることから、温度と打継ぎ可能時間の制約に配慮して冬期の気温が下がる期間に施工することになる。 | 初期全面補修費用 346,000千円 維持管理費(50年)= 50,000千円 (5年に1度の補修) 合 計 396,000千円 | △ |
| SFRCボンド (高耐久性エポキシ樹脂)タイプ  | スタッドの代わりにボンド、高耐久性エポキシ樹脂系接着剤で鋼床版と密着する。端部や負曲げの発生する桁上面にスタッドを補強する。舗装構成はSFRC単断面である。 | 初期全面補修費用 294,000千円 維持管理費(50年)= 50,000千円 (5年に1度の補修) 合 計 344,000千円 | × |
| SFRCボンドタイプ + アスファルト表層  | 高耐久性エポキシ樹脂系接着剤で鋼床版と一体化させ表層Asを設けたSFRC(首都高道路タイプ)。高耐久性エポキシ樹脂系接着剤の接着効果により、SFRCと鋼床版を密着させ、合成を高めたわみに対応する構造である。騒音防止目的で表層にアスファルトを設ける。高耐久性エポキシ樹脂系接着剤は温度に非常に敏感であり、高温で乾燥したエジプトの気候に合っては困難が予想されるが、気温の下がる冬期に限り施工の可能性があると判断できる。 | 初期全面補修費用 324,000千円 維持管理費(50年)= 142,000千円 (5年に1度の補修) + (10年に1度の表層全面打替) 合 計 466,000千円 | × |
| SFRCスタッドタイプ + 防水層 + アスファルト表層  | スタッドボルトは高さ40mmある。天端のかぶりは骨材の径から30mm以上必要となる。そのためスタッドタイプは75mmが最小厚となっている。これにひび割れの防水対策を施すため防水層と表層を設置する。死荷重の増加と端部すり付けに課題がある。死荷重増加のため日本では実績がない。 | 初期全面補修費用 384,000千円 維持管理費(50年)= 142,000千円 (5年に1度の補修) + (10年に1度の表層全面打替) 合 計 526,000千円 | × |

高靱性補強コンクリート舗装 (Engineered Cementitious Composite: ECC)

そして、最終的に再度グーススアスファルト工法と SFRC スタッドタイプ工法を比較した。施工時のリスク、補修工事後の維持管理の現実性、及び施工中の本橋梁通行止めの有無を主眼に検討した結果、グースアスファルト工法を再度推薦した。

SFRC スタッドタイプはコンクリート厚 80mm と薄層であるが故に、硬化時に伸縮してひび割れが発生し易いことに加え、施工が高温乾燥時を避けて気温の下がる冬期に限定される。また、コンクリートが固化するまでに振動を抑制する必要があるため、橋梁は全面通行止めとなる。更にスタッドジベルの膨大な施工と錆止め・高耐久性エポキシ樹脂系接着剤の敏感

性から、品質の確保は非常に難しい。

これに対し、グースアスファルトは外部の気温に影響を受けず、交通止めも必要としない。更に配合設計を確立さえすれば施工は比較的容易で失敗する可能性が少ないのが特徴である。経済性では両工法で同程度である。以上の理由からグースアスファルト工法が補修工法として相応しいことを「エ」国側に再度提案し了承を得た。

3. 舗装クラックに対する応急補修作業実施とモニタリング孔の設置

損傷しているアスファルト舗装は、当フォローアップ調査の結果報告を受けて「エ」国政府側が舗装補修工事を発注する予定であるが、工事発注まで相当月数の期間が必要となる。しかし現況舗装は損傷が進行し、一部にポットホールも発生しており、危険な状況である。補修工事までの期間の損傷の進行を抑制するため、第一回現地調査時に、クラックに加熱シーリング剤を注入する応急補修作業を実施した。補修作業は調査団員、GARBLT 現地事務所の職員及び作業員の立ち会いのもと現地再委託業者によって実施された。調査団員から現地事務所の関係者が補修工事開始までの間に自ら応急作業が可能となるように作業手順等を指導した。

また調査では、クラックから雨水が浸水して鋼床版上面に水分が浸入していることが確認された。直接、鋼床版上面の水の状態を目視で確認することを目的に、車両の走行に支障が無い路肩付近の舗装に調査孔を開け、モニタリング孔を合計 8 箇所施工した。モニタリング孔はコアカッターで削孔した後、直径 100mm 程度の塩ビ管を挿入、鋼床版上面に加熱防水シートを設置した後、削孔と塩ビ管の空隙をシール材で充填した。そして GARBLT 現地事務所の所員がモニタリング孔点検を定期的に行い鋼床版上面への浸水状況を確認することを申し送った。

4. 維持管理の現状と提言

スエズ運河橋管理事務所（GARBLT 現地事務所）は、幹線道路であるイスマイリアーポートサイド線がスエズ運河橋のアプローチ橋梁のほぼ交差する位置に立地している。管理事務所は監視カメラを設置した東西 2 つの料金所を管轄し、職員・作業員を合わせ約 30 人がアプローチ部分を含めた本橋梁の維持管理に従事しており、舗装面のほか主桁本体の内部、支承、高欄等の附属物の定期点検を実施している。管理事務所の年間予算は約 600,000 EGP（推定）で、大規模で重要性の高い橋梁の維持管理を実施する上で十分とは言えない。

舗装面の適切な維持管理のためには日常点検に加えて応急補修のための専用資機材を常時準備しておく必要がある。また主体的に維持管理が出来る様にするために事務所の所属員のスキルアップが不可欠である。これらを実現するため、現在の年間予算に加えて約 80,000LE

(約 1,000 千円)の年間予算を計上する必要がある。

⑤ プロジェクトの概算工期、主要数量と工事実施体制

グースアスファルト補修工法による舗装工事の主要工事数量は以下の表のとおりである。概算工期は 6.5 ヶ月を予定している。北側車線を上下 1 車線ずつに交通規制した後に、損傷の大きい南側車線から既設舗装取り壊し、接着層の施工、グースアスファルト基層工、改質密粒度アスファルト工及び車線表示工まで完成させた後に、北側斜線に移行して同様の工程を終了させる。

| 工 種 | 単 位 | 数 量 |
|---------------|----------------|--------------|
| 既設舗装撤工 | m ² | 11,824 |
| ショットブラスト工 | m ² | 11,824 |
| 接着層工 | m ² | 11,824 |
| エポキシプライマー工 | m ² | 11,824 |
| グースアスファルト基層工 | m ² | 11,824 |
| タックコート工 | m ² | 11,824 |
| 密粒改質アスファルト表層工 | m ² | 11,824 |
| 車線表示工 | m | 4,352 |
| 試験グースアスファルト工 | 式 | 1 |

第 4 回現地調査の際に GARBLT はエジプト建設業者主体による工事を前提とする発注方法の意向を示した。調査団はこれを受け、GARBLT を通じてエジプト国内で橋梁工事、舗装工事の実績の豊富な大手コントラクターに対して補修工事の単価見積りを依頼した。

また、見積り依頼に際してはグースアスファルト工法の施工上の留意点と材料の品質基準を明記した Technical Specification(Draft)を添付し、見積り提出に当たり遺漏が無い様に留意することを促した。

この概略事業費は約 22,573,000 LE (約 3,725,000 ドル、約 291,000 千円 (1LE=12.833 円)) である。

Unit Price / Total Summay Cost for Repair Work by Guss Asphalt Method

| Company | | SAMCO | | | | |
|---------------------|------------------------------|------------------|-----|----------|-------------------|--------------------|
| Guss Asphalt Method | | | | | | |
| No. | Work Items | Unit Price (L.E) | | Quantity | Cost (L.E) | USD |
| 1 | Removal of Existing Pavement | 90 | /m2 | 11,824 | 1,064,160 | 176,000 |
| 2 | Shot-Blasting | 130 | m2 | 11,824 | 1,537,120 | 254,000 |
| 3 | Epoxy Primer | 290 | m2 | 11,824 | 3,428,960 | 566,000 |
| 4 | Bonding layer | 250 | m | 11,824 | 2,956,000 | 488,000 |
| 5 | Guss As.Binder Layer | 750 | m2 | 11,824 | 8,868,000 | 1,463,000 |
| 6 | Tack Coat | 120 | m2 | 11,824 | 1,418,880 | 234,000 |
| 7 | Surface Layer (Modified As.) | 200 | m2 | 11,824 | 2,364,800 | 390,000 |
| 8 | Traffic Line Marking | 100 | mL | 4,352 | 435,200 | 72,000 |
| 9 | Consulting | 500,000 | L.s | 1 | 500,000 | 83,000 |
| | | | | | | 1 (LE) = 0.165 \$ |
| Total Cost | | | | | 22,573,120 | \$3,725,000 |

参考に日本の業者が実施した場合、日本のコンサルタントによる施工管理を含めて概算事業費は約 3.30 億円となった。

概算工事費総括表

| | 総額 ③+④ | 日本円(千円) ④ | 現地貨 | | 米ドル | | 円換算計(千円) ①+②=③ | |
|-----------------------|----------------|--------------|-----------|----------|-----------|----------|-------------------|----------------|
| | | | 現地貨(LE) | 円換算(千円)① | 米ドル(US\$) | 円換算(千円)② | | |
| 総事業費 (I + II) | 332,683 | 284,282 | 2,380,571 | 30,665 | 226,723 | 17,736 | 48,401 | 329,698 |
| 建設費 (1+2) | 298,341 | 256,761 | 1,850,986 | 23,844 | 226,723 | 17,736 | 41,580 | 295,651 |
| 1 工事原価 [(1)+(2)+(3)] | 271,452 | 229,872 | 1,850,986 | 23,844 | 226,723 | 17,736 | 41,580 | 268,979 |
| (1) 直接工事費 | 162,541 | 136,631 | 1,440,961 | 18,563 | 93,921 | 7,347 | 25,910 | 160,552 |
| (2) 共通仮設費 | 42,903 | 32,071 | 34,425 | 443 | 132,802 | 10,389 | 10,832 | 42,763 |
| (3) 現場管理費 | 66,008 | 61,170 | 375,600 | 4,838 | 0 | 0 | 4,838 | 65,664 |
| 2 一般管理費 | 26,889 | 26,889 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26,672 |
| コンサルタント費用 | 34,342 | 27,521 | 529,585 | 6,821 | 0 | 0 | 6,821 | 34,047 |
| 1 実施設計施工監理費 ((1)+(2)) | 34,342 | 27,521 | 529,585 | 6,821 | 0 | 0 | 6,821 | 34,047 |
| (1) 実施設計費 (①+②+③) | 10,553 | 10,028 | 40,854 | 525 | 0 | 0 | 525 | 10,530 |
| ① 詳細設計業務 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ② 入札関連業務 1 | 4,070 | 3,895 | 13,618 | 175 | 0 | 0 | 175 | 4,062 |
| ③ 入札関連業務 2 | 6,483 | 6,133 | 27,236 | 350 | 0 | 0 | 350 | 6,468 |
| (2) 施工監理費 | 23,789 | 17,493 | 488,731 | 6,296 | 0 | 0 | 6,296 | 23,517 |
| 2 ソフトコンポーネント費 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

⑥ 入札図書 (案) の提出と工事実施に向けての「エ」国側への提言

入札図書 (案) を GARBLT に提出し、技術仕様書は材料仕様、品質管理基準に加え、「エ」国業者の理解を助力する目的でグースアスファルト工法の施工手順、必要資機材および施工時の留意事項を記載した。

また、鋼床版の健全性を確認する 2 項目を加えた。

- ショットブラスト完了後に、磁粉探傷法による鋼床版内部亀裂の有無の確認を行った後、万一疲労亀裂が発見された場合は、スチールデッキ上に鋼板で補強の補強を行う。
- 特に舗装損傷の激しい南側車線の U リブと縦桁に沿った箇所で超音波探傷調査を行い、発錆進行によってスチールデッキが、本調査時点に比べて大きく減厚されていないかを確認する。

本橋梁の補修工事実施体制への提言

「エ」側の意向により、本橋の舗装損傷に対して「エ」国内の建設会社を対象とするローカルテンダー形式での補修工事プロジェクトが発注されることとなった。

調査団は 4 度の現地調査中の協議の中で、当工法の技術的な留意事項について GARBLT 内関係部門の担当者達及び建設会社の幹部員達に示してきた。しかし、グースアスファルト工法の施工経験の無い発注者と建設業者の理解度は十分であるとは言えない。

また、補修プロジェクト中に鋼床版に新たに疲労亀裂が発見された場合、鋼板補強工が必要となるが、これについても同様に懸念される。

本橋は無償援助資金で建設された橋梁であるが、完成後の道路施設に対する運営と維持管理に関する責任は被援助国のエジプトが負うことは明白である。しかし維持管理についても技術面、設備面で不十分さが否めない状況であることが本調査によって判明した。したがって、当補修プロジェクトを成功させるためには、日本からのグースアスファルト舗装工法と鋼板補強工法に関する技術支援が不可欠であると考えられる。合わせて、鋼床版橋梁の維持管理に関するエジプト国関係機関の意識と技術力向上の支援に資することも考えなければならない。

具体的には、GARBLT 発注の補修プロジェクトのスケジュールに合わせて、グースアスファルト舗装と鋼板補強工法に精通した日本人技術者による技術支援業務を実施することが必要であると考えられる。

目 次

要 約
目 次
位置図

ページ

| | |
|--------------------------------|------------|
| 1. 調査概要 | 1-1 |
| 1.1 調査目的 | 1-1 |
| 1.1.1 調査の背景・経緯 | 1-1 |
| 1.1.2 調査目的 | 1-2 |
| 1.2 調査概要 | 1-2 |
| 1.2.1 調査日程 | 1-2 |
| 1.2.2 調査項目 | 1-3 |
| 1.2.3 調査対象箇所 | 1-4 |
| 2. 現地調査 | 2-1 |
| 2.1 調査結果概要 | 2-1 |
| 2.1.1 舗装健全度に関わる詳細調査の結果 | 2-1 |
| 2.1.2 鋼床版の健全度に関わる詳細調査の結果 | 2-1 |
| 2.1.3 結論 | 2-1 |
| 2.2 舗装の健全度に係る詳細調査 | 2-2 |
| 2.2.1 変状全体調査（写真撮影手法による） | 2-2 |
| 2.2.2 変状詳細調査 | 2-8 |
| 2.2.3 コア採取 | 2-11 |
| 2.2.4 開削調査 | 2-15 |
| 2.3 鋼床版の健全度に係る詳細調査 | 2-20 |
| 2.3.1 鋼床版上面調査 | 2-20 |
| 2.3.2 デッキプレート板厚調査 | 2-23 |
| 2.3.3 目視調査 | 2-25 |
| 2.3.4 磁粉探傷調査 | 2-28 |
| 2.3.5 超音波探傷調査 | 2-35 |
| 2.3.6 リブ内部堆積物調査 | 2-41 |
| 2.3.7 鋼床版内温度測定 | 2-43 |
| 2.4 交通状況と軸重制限 | 2-49 |
| 2.4.1 交通状況 | 2-49 |
| 2.4.2 軸重制限 | 2-50 |
| 2.5 形状図調査・一般図作成 | 2-54 |
| 2.6 損傷原因 | 2-59 |
| 2.7 調達事情・積算関連調査及び工事発注手続き | 2-59 |
| 2.7.1 エジプト国内の建設会社の状況 | 2-59 |

| | | |
|-----------|------------------------------|------------|
| 2.7.2 | 調達事情・積算関連調査 | 2-60 |
| 2.7.3 | 工事発注手続き | 2-60 |
| 3. | 舗装ひびわれの応急補修工事とモニタリング | 3-1 |
| 3.1 | 応急補習工の目的 | 3-1 |
| 3.2 | 補修用材料の選定 | 3-1 |
| 3.3 | 補修工事の実施 | 3-3 |
| 3.3.1 | 注入材（CETOKOL 200）の溶解 | 3-3 |
| 3.3.2 | クラック内部の清掃 | 3-3 |
| 3.3.3 | クラックへの補修材の充填作業 | 3-4 |
| 3.3.4 | 補修材の充填後の表面処理 | 3-4 |
| 3.4 | 鋼床版上面の浸水状況のモニタリング装置の設置 | 3-5 |
| 3.4.1 | 目的 | 3-5 |
| 3.4.2 | モニタリング装置構造 | 3-5 |
| 3.4.3 | モニタリング装置設置手順 | 3-6 |
| 3.4.4 | モニタリング装置の設置箇所 | 3-10 |
| 3.4.5 | 鋼床版上面の浸水状況のモニタリング方法 | 3-10 |
| 3.4.6 | 本調査期間中のモニタリング結果 | 3-11 |
| 4. | 国内解析 | 4-1 |
| 4.1 | 舗装・鋼床版の健全度評価 | 4-1 |
| 4.1.1 | 舗装の健全度評価 | 4-1 |
| 4.1.2 | 鋼床版の健全度評価 | 4-5 |
| 4.2 | 補修工事対象範囲 | 4-13 |
| 4.2.1 | 舗装補修工事対象範囲 | 4-13 |
| 4.2.2 | 鋼床版舗装補修工事対象範囲 | 4-13 |
| 5. | 補修計画 | 5-1 |
| 5.1 | 補修工法の比較検討 | 5-1 |
| 5.1.1 | エジプト業者による施工可能な舗装 | 5-1 |
| 5.1.2 | 日本の鋼床版舗装技術の活用 | 5-1 |
| 5.1.3 | グースアスファルト工法の概要・特徴 | 5-3 |
| 5.1.4 | セメント系鋼床版補強舗装工法の抽出 | 5-4 |
| 5.1.5 | 検討対象セメント系鋼床版補強舗装工法の選定 | 5-17 |
| 5.1.6 | セメント系鋼床版補強舗装工法に対する品質・施工上の留意点 | 5-20 |
| 5.2 | 本調査採用工法の概要と施工計画 | 5-23 |
| 5.2.1 | 採用工法の概要 | 5-23 |
| 5.2.2 | 施工計画の概要 | 5-26 |
| 5.3 | 概算事業費 | 5-28 |
| 6. | 維持管理計画 | 6-1 |
| 6.1 | 現在の維持管理体制 | 6-1 |
| 6.1.1 | 管理事務所概要 | 6-1 |
| 6.1.2 | 現在の点検内容 | 6-2 |

| | | |
|-------|----------------------------------|-----|
| 6.1.3 | 料金所業務 | 6-3 |
| 6.2 | 維持管理費用 | 6-6 |
| 6.3 | 今後の維持管理計画の提案 | 6-8 |
| 7. | 結論と提言 | 7-1 |
| 7.1 | 本橋の舗装損傷状況と鋼床版の健全度 | 7-1 |
| 7.2 | グースアスファルト工法の選定 | 7-1 |
| 7.3 | 補修工事実施にあたっての技術的留意事項の提示 | 7-2 |
| 7.4 | 施工体制への提言 | 7-2 |
| 7.5 | 維持管理体制の確立への提言 | 7-3 |
| 7.5.1 | 維持管理体制強化のため GARBLT 全体として取り組むべき内容 | 7-4 |
| 7.5.2 | スエズ運河橋現地事務所として取り組むべき内容 | 7-5 |

Appendix

| | | |
|-------------|--|----|
| Appendix 1 | 舗装詳細調査データ | 1 |
| Appendix 2 | 磁粉探傷法による調査データ | 8 |
| Appendix 3 | 超音波探傷法による調査データ | 36 |
| Appendix 4 | GARBLT 計測の温度と湿度測定データ | 48 |
| Appendix 5 | 舗装クラック注入作業手順 | 51 |
| Appendix 6 | 調査団員リスト | 54 |
| Appendix 7 | 調査日程 | 56 |
| Appendix 8 | 被援助国関係機関人員リスト | 60 |
| Appendix 9 | Minute of Discussion with GARBLT | 63 |
| Appendix 10 | GARBLT との協議資料 | 69 |
| Appendix 11 | Technical Note for Guss Asplalt Method | 89 |



エジプト・アラブ共和国 Arab Republic of Egypt

調査対象地域 位置図



エジプト・アラブ共和国の基礎データ

- | | | | |
|------------------------------|---|-------------------------------|--|
| ■面積 | 約 100 万 km ² （日本の約 2.6 倍） | ■実質 GDP 成長率 | 2.2%（2011/2012 年度） |
| ■人口 | 8,254 万人（2011 年） | ■物価上昇率 | 8.6%（2011/2012 年） |
| ■首都 | カイロ | ■貿易額（2011/2012 年度） | |
| ■民族 | 主にアラブ人（その他、少数のヌビア人、アルメニア人、ギリシャ人等） | (1) 輸出 (FOB) : 269.8 億米ドル | |
| ■言語 | アラビア語 | (2) 輸入 (CIF) : 586.7 億米ドル | |
| ■宗教 | イスラム教、キリスト教（コプト教） | ■通貨 | エジプト・ポンド (LE) とピアストル (PT) LE1=100PT |
| ■主要産業 | 農業 (GDP の 14.7%)、鉱工業 (同 17.5%) 貿易・金融・保険 (同 18.4%) 石油 (同 12.9%)、運輸 (同 10.6%) | ■為替レート | 1 米ドル=約 6.11LE（2012 年 11 月） |
| ■GDP | 2,573 億ドル（2011/2012 年度） | ■日本の援助（2009 年度までの累計） | |
| ■1 人当たり国民所得 (GNI per capita) | 3,126 米ドル（2011/2012 年度） | (1) 有償資金協力 : 5,781 億 1,900 万円 | |
| | | (2) 無償資金協力 : 1,497 億 6,700 万円 | |
| | | (3) 技術協力 : 597 億 3,300 万円 | |
| | | (JICA 実績ベース) | |

出典) 外務省「各国・地域情勢」

図 リスト

ページ

| | |
|---|------|
| 図 1.2.1 調査日程..... | 1-2 |
| 図 1.2.2 調査範囲..... | 1-4 |
| 図 2.2.1 ひび割れ図（BL4 - BL6）..... | 2-3 |
| 図 2.2.2 変状詳細調査箇所図..... | 2-8 |
| 図 2.2.3 変状詳細調査結果（N1）..... | 2-9 |
| 図 2.2.4 コアボーリング位置図..... | 2-11 |
| 図 2.2.5 コアボーリング詳細位置図..... | 2-12 |
| 図 2.2.6 舗装コアサンプリング（直径 100mm）..... | 2-13 |
| 図 2.2.7 切削及び開削試験..... | 2-15 |
| 図 2.2.8 切削及び開削試験位置図..... | 2-15 |
| 図 2.3.1 超音波板厚計による板厚測定検査..... | 2-23 |
| 図 2.3.2 開削位置 L1 デッキプレート上面の板厚測定位置..... | 2-24 |
| 図 2.3.3 車輪走行位置に対する目視調査の位置..... | 2-26 |
| 図 2.3.4 部材位置記号の名称規則..... | 2-26 |
| 図 2.3.5 磁粉探傷調査の機能：漏出した磁束に付着する磁性粒子..... | 2-29 |
| 図 2.3.6 デッキプレート上面の磁粉探傷調査位置（鋼床版上の舗装開削位置）..... | 2-30 |
| 図 2.3.7 舗装開削位置直下の磁粉探傷調査箇所..... | 2-31 |
| 図 2.3.8 鋼床版デッキプレート疲労亀裂の超音波探傷調査..... | 2-35 |
| 図 2.3.9 鋼床版デッキプレート超音波探傷調査位置..... | 2-36 |
| 図 2.3.10 超音波探傷調査結果：亀裂や欠陥のエコーは存在しない..... | 2-37 |
| 図 2.3.11 超音波探傷調査結果：デッキプレート上面の腐食エコー..... | 2-37 |
| 図 2.3.12 疲労亀裂表示の実例（他橋の例）..... | 2-37 |
| 図 2.3.13 超音波探傷調査によるデッキプレート上面腐食調査位置（青色部位）..... | 2-38 |
| 図 2.3.14 舗装亀裂位置と超音波探傷による腐食エコー（WTR63-1～WD64）..... | 2-39 |
| 図 2.3.15 舗装亀裂位置と超音波探傷による腐食エコー（WTR57-2～WD58）..... | 2-40 |
| 図 2.3.16 点検用ハンマーを用いた打音法による U-rib 内の堆積物調査実施位置..... | 2-41 |
| 図 2.3.17 箱桁内の温度・相対湿度測定位置（GARBLT 測定）..... | 2-43 |
| 図 2.3.18 温度・相対湿度データ（調査チーム）：箱桁内側（2011.11.29-30）..... | 2-45 |
| 図 2.3.19 温度・相対湿度データ（調査チーム）：箱桁内側（2011.12.1-4）..... | 2-45 |
| 図 2.3.20 温度・相対湿度データ（調査チーム）：箱桁内側（2011.12.8-12）..... | 2-46 |
| 図 2.3.21 温度・相対湿度データ（調査チーム）：箱桁外側（2011.11.30-12.1）..... | 2-46 |
| 図 2.3.22 温度・相対湿度データ（調査チーム）：箱桁外側（2011.12.6-12.8）..... | 2-47 |
| 図 2.3.23 測定位置 N01B7 の温度・相対湿度データ（GARBLT）..... | 2-47 |
| 図 2.4.1 スエズ運河の渡河ポイント..... | 2-49 |
| 図 2.4.2 現在軸重検査のために使用されているレーン（西側入口）..... | 2-50 |
| 図 2.4.3 軸重検査結果の印字サンプル..... | 2-52 |
| 図 2.4.4 X線検査機稼動後の軸重レーン..... | 2-53 |
| 図 2.5.1 スエズ運河橋橋梁一般図..... | 2-55 |
| 図 2.5.2 箱桁標準断面図..... | 2-56 |
| 図 2.5.3 箱桁標準ダイヤフラム..... | 2-57 |
| 図 2.5.4 箱桁標準横リブ..... | 2-58 |
| 図 3.2.1 材料の仕様..... | 3-2 |
| 図 3.4.1 モニタリング装置の構造..... | 3-5 |
| 図 3.4.2 モニタリング装置の設置位置..... | 3-10 |
| 図 4.1.1 ひび割れ図（全体図）..... | 4-1 |
| 図 4.1.2 鋼床版舗装のひび割れの状況（抜粋）..... | 4-2 |

| | |
|--|------------|
| 図 5.1.1 鋼床版の損傷例..... | 5-5 |
| 図 5.1.2 検討フローチャート..... | 5-5 |
| 図 5.1.3 SFRC スタッドタイプの構造概要図..... | 5-6 |
| 図 5.1.4 FRC ボンドタイプの構造概要..... | 5-7 |
| 図 5.1.5 SFRC ボンドタイプ+表層アスファルトの構造概要..... | 5-8 |
| 図 5.1.6 ECC 補強工法の構造概要..... | 5-9 |
| 図 5.1.7 美原大橋側面図・断面図..... | 5-9 |
| 図 5.1.8 カイロと東京の年間平均気温と降水量..... | 5-14 |
| 図 5.1.9 温度と打継ぎ可能時間の関係..... | 5-15 |
| 図 5.1.10 スタッドタイプ..... | 5-16 |
| 図 5.1.11 SFRC ボンドタイプ..... | 5-16 |
| 図 5.1.12 SFRC ボンドタイプ+As 表層..... | 5-16 |
| 図 5.1.13 スタッドボルト+表層タイプ..... | 5-16 |
| 図 5.2.1 施工順序フロー..... | 5-26 |
| 図 5.2.2 既設舗装構成図..... | 5-26 |
| 図 6.1.1 通行券（一般乗用車用）..... | 6-5 |
| 図 6.1.2 通行券（料金内訳）..... | 6-5 |
| 図 6.3.1 維持管理システムの概念図..... | 6-9 |
| 図 6.3.2 体系的な情報のデータベースの概念図..... | 6-9 |
| 図 6.3.3 長寿命化のイメージ..... | 6-10 |

表 リスト

| | ページ |
|--|------|
| 表 1.2.1 調査項目..... | 1-3 |
| 表 2.2.1 ひび割れ幅と深さ（西側区間）..... | 2-4 |
| 表 2.2.2 ひび割れ幅と深さ（西側区間～支間中央）..... | 2-5 |
| 表 2.3.1 点検用ハンマーを用いた打音法調査結果..... | 2-42 |
| 表 2.3.2 箱桁内側の温度・相対湿度測定結果（調査チーム）..... | 2-44 |
| 表 2.3.3 箱桁外側の温度・相対湿度測定結果（調査チーム）..... | 2-44 |
| 表 2.3.4 箱桁内側の温度・相対湿度測定結果（GARBLT）..... | 2-44 |
| 表 4.1.1 舗装のひび割れ率..... | 4-3 |
| 表 4.1.2 舗装の健全度と MCI の関係..... | 4-4 |
| 表 4.1.3 路線ごとの舗装の健全度..... | 4-4 |
| 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 σ :kg/cm ² | 4-7 |
| 表 4.1.5 デッキプレートと舗装との断面 2 次モーメントの比較（完全合成状態）..... | 4-9 |
| 表 4.1.6 主桁設計死荷重強度..... | 4-10 |
| 表 4.1.7 ケーブル張力の変動（Case-1）..... | 4-10 |
| 表 4.1.8 中央支間中央部の変形..... | 4-11 |
| 表 4.1.9 ケーブル張力の変動（Case-2）..... | 4-11 |
| 表 4.1.10 中央支間中央部の変形..... | 4-11 |
| 表 4.1.11 主桁設計死荷重強度の比較（t/m/Br.）..... | 4-12 |
| 表 4.1.12 主桁設計死荷重強度増加の影響..... | 4-12 |
| 表 5.1.1 補修工法比較表..... | 5-2 |
| 表 5.1.2 コンクリート材料の規格..... | 5-10 |
| 表 5.1.3 鋼繊維の規格..... | 5-11 |
| 表 5.1.4 補強材の規格例（CFRP 格子筋）..... | 5-11 |
| 表 5.1.5 接着剤の規格..... | 5-11 |

| | | |
|----------|----------------------------|------|
| 表 5.1.6 | スタッドの規格例 | 5-11 |
| 表 5.1.7 | 鋼繊維補強工法（SFRC）の比較表 | 5-18 |
| 表 5.1.8 | SFRC の設計基準強度 | 5-21 |
| 表 5.1.9 | 接着材の性能確認のための試験項目 | 5-21 |
| 表 5.1.10 | 接着材塗布のための施工管理項目 | 5-22 |
| 表 5.2.1 | グースアスファルト舗装と選定した SFRC の再比較 | 5-24 |
| 表 5.2.2 | 概略施工工程－SFRC 工法 | 5-25 |
| 表 5.2.3 | 概略施工工程－グース工法 | 5-25 |
| 表 5.3.1 | グースアスファルト概略事業費 | 5-29 |
| 表 6.1.1 | 主橋梁部分（鋼） | 6-2 |
| 表 6.1.2 | スエズ運河橋の通行料金 | 6-4 |
| 表 6.2.1 | 本橋の維持管理に必要な年間追加予算の配分事例 | 6-8 |
| 表 6.3.1 | 点検の種類と頻度（案） | 6-10 |

写真 リスト

| | ページ | |
|-----------|--------------------------------|------|
| 写真 2.2.1 | 舗装表面調査風景 | 2-2 |
| 写真 2.2.2 | 射影変換カメラによる画像変換 | 2-2 |
| 写真 2.2.3 | ひび割れ幅及び深さ調査 | 2-3 |
| 写真 2.2.4 | 変状詳細調査 | 2-8 |
| 写真 2.2.5 | 車両走行位置の主要なひび割れ | 2-10 |
| 写真 2.2.6 | リブプレート間に発生した主要なひび割れ | 2-10 |
| 写真 2.2.7 | ダイヤフラム間に発生した主要なひび割れ | 2-11 |
| 写真 2.2.8 | コア抜きと付着力試験 | 2-13 |
| 写真 2.2.9 | コアサンプル | 2-14 |
| 写真 2.2.10 | 舗装の切削と開削作業 | 2-16 |
| 写真 2.2.11 | アスファルト材による埋め戻し | 2-16 |
| 写真 2.2.12 | 舗装開削断面（L2） | 2-17 |
| 写真 2.2.13 | 開削した舗装ブロック下面（接着面）L2 | 2-17 |
| 写真 2.2.14 | 鋼床版の接着層と錆の除去（L2） | 2-18 |
| 写真 2.2.15 | 除去した接着層の状況（L1） | 2-18 |
| 写真 2.2.16 | 追加調査箇所の開削調査状況（良好な箇所）SA2 | 2-19 |
| 写真 2.2.17 | 追加調査箇所の開削調査状況（良好な箇所）SA2---拡大写真 | 2-19 |
| 写真 2.3.1 | デッキプレート上面（L1） | 2-21 |
| 写真 2.3.2 | デッキプレート上面（S1） | 2-21 |
| 写真 2.3.3 | デッキプレート上面（L2） | 2-22 |
| 写真 2.3.4 | デッキプレート上面（S2） | 2-22 |
| 写真 2.3.5 | デッキプレート上面（L3） | 2-22 |
| 写真 2.3.6 | デッキプレート板厚測定 | 2-23 |
| 写真 2.3.7 | 鋼床版箱桁で実施された目視調査 | 2-26 |
| 写真 2.3.8 | 塗装塗膜亀裂 | 2-27 |
| 写真 2.3.9 | 定期的に点検が必要な部位（特に鋼床版） | 2-28 |
| 写真 2.3.10 | 磁粉探傷調査で検出された疲労亀裂の事例（他橋の例） | 2-29 |
| 写真 2.3.11 | デッキプレート上面での磁粉探傷調査作業状況 | 2-30 |
| 写真 2.3.12 | 舗装開削位置直下での磁粉探傷調査作業状況 | 2-32 |
| 写真 2.3.13 | S2 位置デッキプレート上面の磁粉探傷調査 | 2-32 |
| 写真 2.3.14 | デッキプレート上面の磁粉探傷調査結果 | 2-33 |

| | | |
|-----------|--|------|
| 写真 2.3.15 | 溶接ビード上の表面亀裂 | 2-33 |
| 写真 2.3.16 | U-rib #7、#8 周辺の磁粉探傷調査結果：W T58-1E R9S(8) | 2-34 |
| 写真 2.3.17 | 超音波探傷調査作業状況 | 2-36 |
| 写真 2.3.18 | 点検用ハンマーを用いた打音法による U-rib 内堆積物調査状況 | 2-42 |
| 写真 2.3.19 | 温度・湿度測定センサー（調査チーム使用） | 2-43 |
| 写真 2.3.20 | 温度・湿度測定センサー（GARBLT 使用） | 2-44 |
| 写真 2.4.1 | 両岸の港の渋滞状況 | 2-49 |
| 写真 2.4.2 | 軸重検査状況と計測用踏板 | 2-51 |
| 写真 2.4.3 | 軸重計測器具のコントローラー | 2-51 |
| 写真 2.4.4 | 軸重計のプリンター | 2-52 |
| 写真 2.4.5 | 軸重検査用レーン（西側） | 2-53 |
| 写真 3.2.1 | 注入材外観（納品時） | 3-1 |
| 写真 3.3.1 | 溶解釜での注入材の溶解作業 | 3-3 |
| 写真 3.3.2 | コンプレッサーを用いたクラック内部の清掃作業 | 3-3 |
| 写真 3.3.3 | 補修材の充填作業 | 3-4 |
| 写真 3.3.4 | 補修材の充填後のセメントの散布作業 | 3-4 |
| 写真 3.4.1 | モニタリング装置の材料 | 3-6 |
| 写真 3.4.2 | モニタリング孔（直径 110mm）の削孔 | 3-6 |
| 写真 3.4.3 | PVC パイプ（直径 105mm） | 3-7 |
| 写真 3.4.4 | 防水シートを鋼床版上に設置 | 3-7 |
| 写真 3.4.5 | シール材をパイプ外周上面に設置 | 3-8 |
| 写真 3.4.6 | 充填剤を設置 | 3-8 |
| 写真 3.4.7 | ネジ式キャップ | 3-9 |
| 写真 3.4.8 | ネジ式キャップの取り付け | 3-9 |
| 写真 5.1.1 | 長大橋でのグース施工例 | 5-3 |
| 写真 5.1.2 | ピッチ湖で産出される天然アスファルト（T.L.A の原料） | 5-3 |
| 写真 5.1.3 | 名古屋高速道路 清洲ジャンクション | 5-7 |
| 写真 5.1.4 | 横浜ベイブリッジ下層部 国道 357 の SFRC | 5-7 |
| 写真 5.1.5 | 首都高速道路 中央環状線の SFRC | 5-8 |
| 写真 5.1.6 | 美原大橋全景 | 5-9 |
| 写真 5.1.7 | 損傷状況 | 5-10 |
| 写真 5.1.8 | SFRC スタッドタイプの施工状況例（幸橋） | 5-12 |
| 写真 5.1.9 | （SFRC ボンドタイプ+アスファルト表層）の施工状況例 | 5-13 |
| 写真 5.1.10 | スエズ運河橋路面温度（2012 年 6 月 4 日：10 時撮影） | 5-14 |
| 写真 5.2.1 | ショットブラストに使用する機械 | 5-27 |
| 写真 5.2.2 | 接着層の施工状況 | 5-27 |
| 写真 5.2.3 | グースアスファルト用特殊機材 | 5-27 |
| 写真 5.2.4 | ディストリビューター | 5-28 |
| 写真 5.2.5 | 密粒度アスファルト表層工に使用する施工機械 | 5-28 |
| 写真 6.1.1 | 管理事務所位置 | 6-1 |
| 写真 6.1.2 | 事務所 | 6-1 |
| 写真 6.1.3 | （左）桁内の温湿度計、GARBLT 設置）と（右）管理用ダイヤフラムのナハリング | 6-3 |
| 写真 6.1.4 | （左）桁内への入口（右側の穴）、（右）交通規制（ホストコーン設置） | 6-3 |
| 写真 6.1.5 | 通行料金標示板 | 6-4 |
| 写真 6.1.6 | 料金所ブースと料金収受状況 | 6-4 |
| 写真 6.1.7 | 通行止めによる渋滞状況 | 6-5 |

1. 調査概要

1.1 調査目的

1.1.1 調査の背景・経緯

スエズ運河架橋（以下、「本橋梁」）は、我が国とエジプト国（以下「エ」国）の両国間の共同事業（日本側は無償資金協力）として建設されたスエズ運河に架かる長大橋であり、当該地域の道路交通上で重要な役割を担うとともに、両国間の友好関係の象徴となっている。

本橋梁は2001年9月に引き渡され、2001年10月に有料道路として供用が開始された。2002年5月には供用前から運行していたフェリーの運行が取りやめられ、本格的な運用が開始された。その後、ほどなくして上り車線（西向き車線）に縦断方向のクラックが発見されたものの、2002年7月に施工業者が調査を行い、部分的な補修が実施された。更に通常1年の瑕疵期間が舗装に関しては2年に延長され、クラックの経過観察とともに、適宜クラック補修が実施された。また「エ」国実施機関の道路橋梁庁（以下、「GARBLT」）は2002年9月から運行車両の軸重制限を開始するなど、これらの対応によりクラックはこれ以上大きく進展することはないと考えられていた。

この後、2003年9月に舗装の瑕疵検査が行われ、舗装クラックに関する見解書（原因は過積載車両の通行、軸重制限及び今後の適切な維持管理により再舗装の必要はない）とともに、2006年9月までに必要となる補修材料が贈与された。

『エジプト国・スエズ運河架橋建設計画 F/U 協力調査』において、2010年10月から2011年11月にかけて橋梁下部工のF/U調査を当地で実施したが、舗装の破損状況が目についたことから、その中の2011年5月と8月の現地調査の際に、舗装状況についても簡易な調査を実施した。

現在もGARBLTは通行車両の軸重制限を継続的に実施しており、またクラックに対する補修は瑕疵検査以降も年1回のペースで実施されていたにも拘わらず、スエズ運河架橋の舗装面のクラックは瑕疵検査当時よりもかなり進行しており、特に走行車線では、橋軸方向のクラックが輪荷重走行位置に複数本発生するなど、このまま放置すると表層

剥離（ポットホール）が危惧されるほど深刻な状態となっている。しかし、GARBLTには本橋梁のような長大橋かつ鋼床版の斜張橋での舗装打換経験はなく、瑕疵検査時に指導された補修方法以外は有効な対策を施すことが出来ない状況にある。

このような状況下、GARBLTはJICAに対して舗装損傷状況にかかるF/U協力調査の実施を要請した。

1.1.2 調査目的

先に述べた背景・経緯から本調査の目的は以下の通りである。

- 橋面舗装及び鋼床版の詳細データの取得
- 損傷状況の評価
- SMA以外の他工法の運用の可能性も含めた適切な補修工法の選定
- 詳細設計・事業費の算定
- GARBLTが実施することを前提にした持続可能な維持管理計画の策定
- 主要なクラックに対する応急補修作業の実施

1.2 調査概要

1.2.1 調査日程

調査日程を図 1.2.1 に示す。

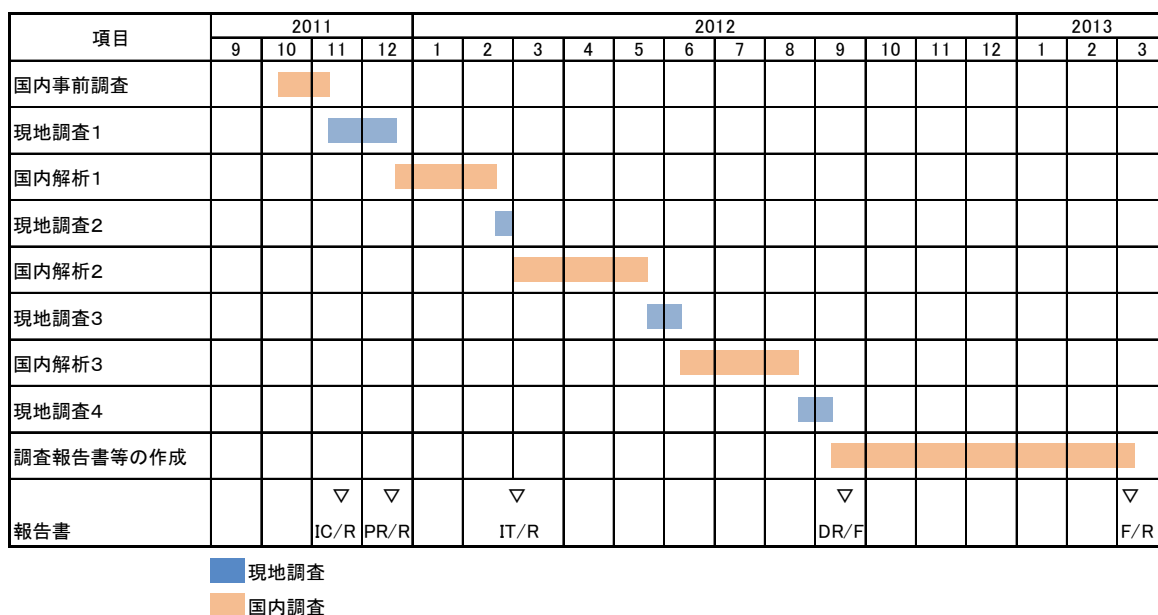


図 1.2.1 調査日程

1.2.2 調査項目

調査項目は表 1.2.1 に示す通りである。

表 1.2.1 調査項目

| 現地／国内 | 調査項目 |
|--------------------|---|
| 現地調査 1 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 舗装の健全度に係る詳細調査 <ul style="list-style-type: none"> - 変状全体調査（写真撮影手法による） - 変状詳細調査（深刻な損傷箇所を選定の上、実施） - コア採取 - 開削調査 2. 鋼床版の健全度に係る詳細調査 <ul style="list-style-type: none"> - 鋼床版上面調査 - 板厚調査 - 目視調査 - 磁粉探傷調査 - 超音波探傷調査 - リブ内部堆積物調査 - 鋼床版内温度測定 3. 交通状況と軸重制限 <ul style="list-style-type: none"> - 交通状況 - 軸重制限 4. 形状図調査・一般図作成 5. 調達事情・積算関連調査 6. 維持管理体制調査 |
| 国内解析 1 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 舗装・鋼床版の健全度評価 <ul style="list-style-type: none"> - 舗装の健全度評価 - 鋼床版の健全度評価 2. 補修工事対象範囲 3. 補修工法の検討 |
| 現地調査 2 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 調査結果概要の相手国政府への説明、協議、確認の実施 |
| 国内解析 2 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 補修工事の詳細設計 <ul style="list-style-type: none"> - 補修工事の詳細設計 - 施工計画 - 工事工程 2. 事業費積算 3. 入札図書（案）作成 4. 事業実施計画 5. 維持管理計画 |
| 現地調査 3 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 舗装モニタリング孔の設置 2. 入札図書（案）の現地政府への説明 |
| 国内解析 3 | <ol style="list-style-type: none"> 1. セメント系鋼床版補強舗装工法の抽出 2. 検討対象セメント系鋼床版補強舗装工法の選定 |
| 現地調査 4 | <ol style="list-style-type: none"> 1. エジプトでの調達、実施方法検討 2. 舗装補修工法の選定 |
| フォローアップ協力調査報告書等の作成 | <ol style="list-style-type: none"> 1. フォローアップ調査報告書の作成 |

1.2.3 調査対象箇所

調査対象箇所を図 1.2.2 に示す。

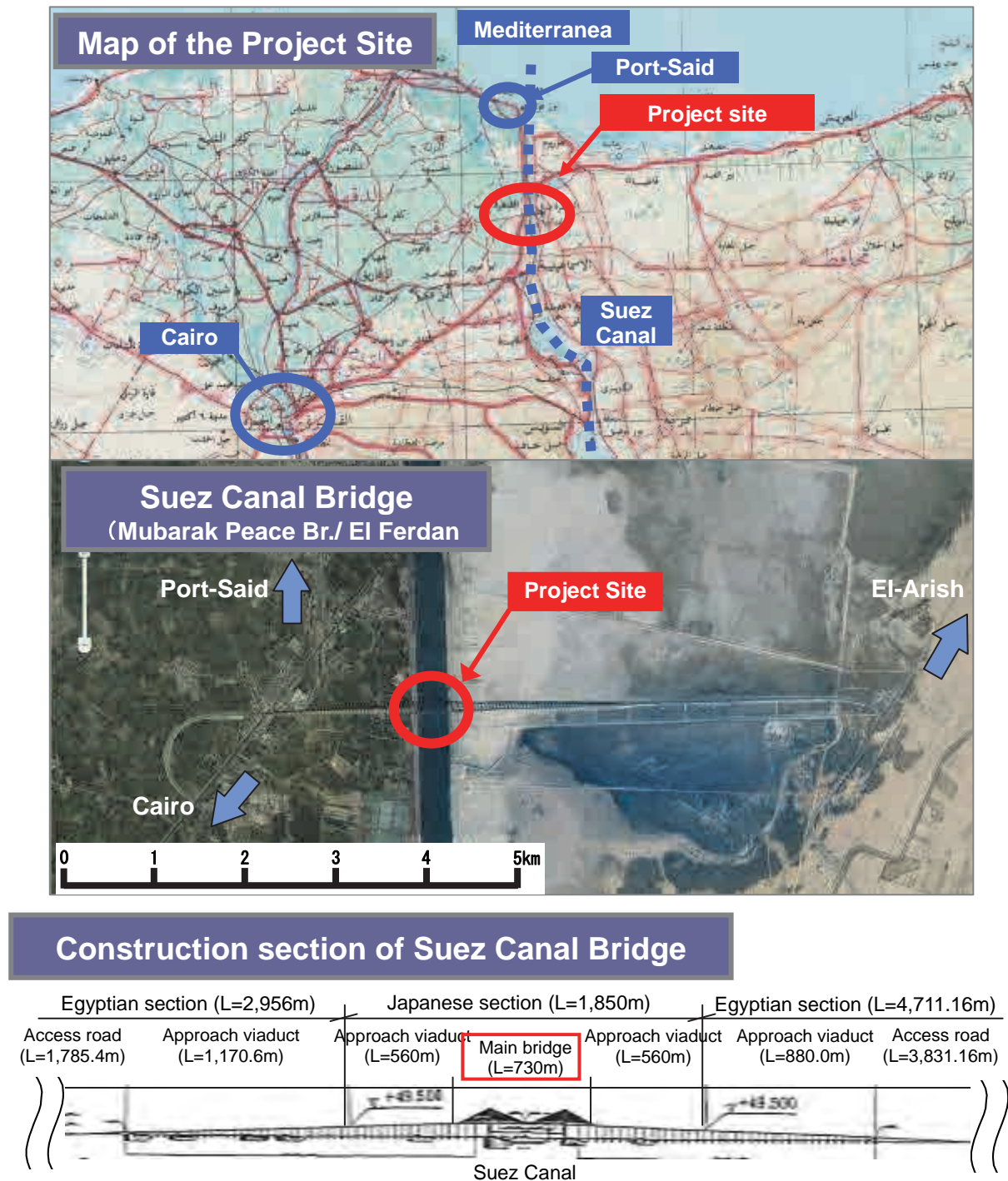


図 1.2.2 調査範囲

2. 現地調査

2.1 調査結果概要

2.1.1 舗装健全度に関わる詳細調査の結果

- 舗装全体の 95%の範囲で、クラックが発生している。
- 舗装全体のおよそ 70%の範囲で幅 10mm 以上のクラックが発生している。
- コア採取時の引抜試験での平均接着力は 0.113 N/mm^2 （ $< 1.4 \text{ N/mm}^2$ ・・・基準値）であった。
- 幅 10mm を超えるクラックのほとんどは、鋼床版まで到達しているものと想定される。
- 舗装全体のおよそ 70%の範囲で基層と鋼床版との間の接着力が不足していると想定される。

2.1.2 鋼床版の健全度に関わる詳細調査の結果

- 舗装の開削を行った箇所では鋼床版上面の錆が確認された。
- 鋼床版の板厚測定により最大で 0.5mm の減厚（設計厚 12mm に対し最小厚 11.5mm）が確認された。
- 磁粉探傷調査と超音波探傷調査による鋼床版の疲労クラックは発見されなかった。
- 鋼床版の錆による減厚は、現時点では構造的に大きな問題ではないが、それらは後々の疲労クラックや変形を誘発する可能性がある。

2.1.3 結論

- 舗装の現状はポットホールから舗装片が剥離するリスクが常にある状況であるため、通行車両にとって極めて危険な状態にある。
- さらなる錆による鋼床版の減厚は、橋の健全度へ影響を及ぼすものになる。
- 鋼床版の錆を取り除き、接着層の再施工と舗装の全面打ち換えをできる限り早期に実施することが求められる。

2.2 舗装の健全度に係る詳細調査

2.2.1 変状全体調査（写真撮影手法による）

(1) 調査目的

橋梁の舗装面全体のひび割れの発生状況と損傷の度合いを定量的に把握することを目的とする。

(2) 調査方法

- 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。
- 写真撮影は射影変換カメラを用い、車線毎に2mの一定の距離で撮影した。
- 撮影箇所毎にひび割れの最大幅と深さを測定した。



写真 2.2.1 舗装表面調査風景



射影変換前



射影変換後

写真 2.2.2 射影変換カメラによる画像変換



写真 2.2.3 ひび割れ幅及び深さ調査

(3) 調査結果

- 射影変換写真を繋ぎ平面図に整理した。
- 整理した平面図にひび割れをトレスしひび割れ平面図を作成した。

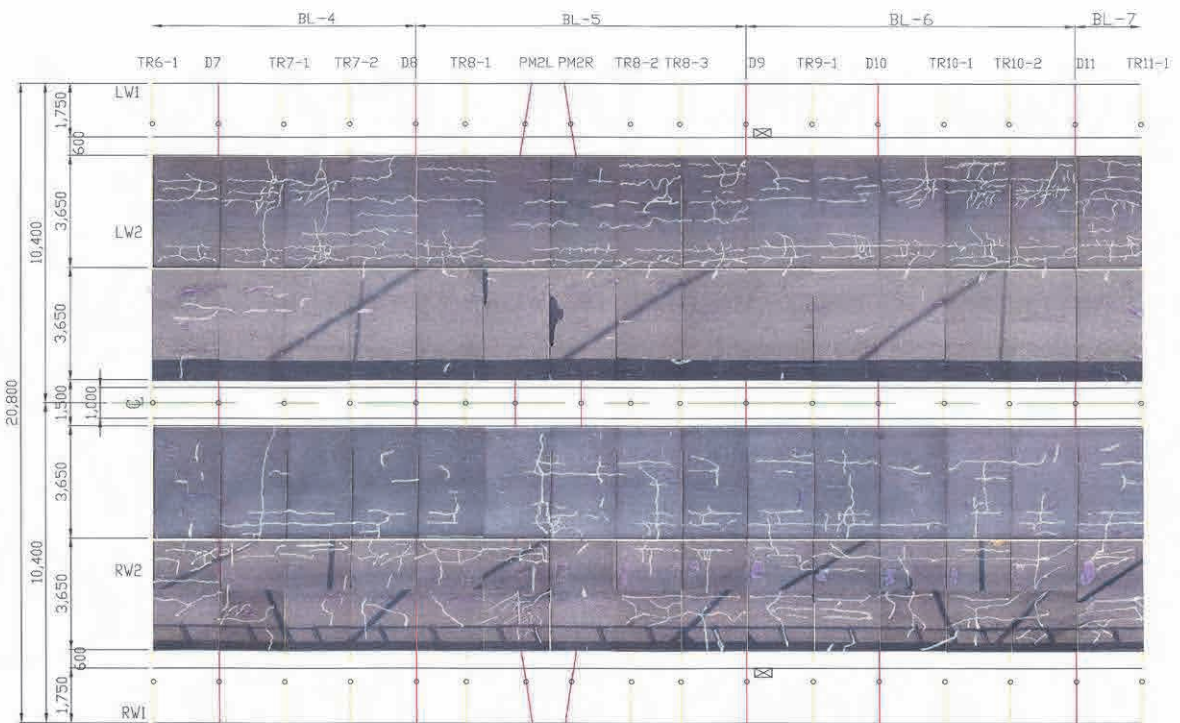


図 2.2.1 ひび割れ図 (BL4 - BL6)

各区域のひび割れ幅及び深さの調査結果は以下のとおりである。

表 2.2.1 ひび割れ幅と深さ（西側区間）

単位：mm

| ブロック No. | No. | 南側 | | | | 北側 | | | | | | | | | | | |
|----------|--------|------|----|------|----|------|----|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 外側車線 | | 内側車線 | | 内側車線 | | 外側車線 | | | | | | | | | |
| | | 幅 | 深さ | 幅 | 深さ | 幅 | 深さ | 幅 | 深さ | | | | | | | | |
| BL-1 | PM1R | なし | なし | 10 | 5 | 幅 | 20 | 深さ | 25 | 幅 | 15 | 深さ | 35 | 幅 | 10 | 深さ | 25 |
| | D1 | 10 | 10 | 15 | 10 | 10 | 30 | なし | なし | 15 | 15 | 25 | 25 | 15 | 25 | 25 | |
| | TR1-1 | 10 | 8 | 5 | 10 | 10 | 25 | 10 | 35 | 15 | 15 | 25 | 25 | 15 | 25 | 25 | |
| | TR1-2 | 2 | 3 | 10 | 5 | 10 | 10 | 5 | 5 | 10 | 10 | 30 | 30 | 10 | 30 | 30 | |
| BL-2 | D2 | 6 | 5 | 10 | 5 | 10 | 20 | 10 | 35 | 20 | 20 | 35 | 35 | 20 | 35 | 35 | |
| | TR2-1 | 2 | 2 | 5 | 5 | 10 | 15 | 5 | 5 | 5 | 25 | 25 | 5 | 25 | 25 | | |
| | D3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 25 | 35 | 15 | 30 | 29 | 35 | 35 | 29 | 35 | 35 | |
| | TR3-1 | なし | なし | 10 | 15 | 15 | 30 | 5 | 10 | 15 | 15 | 30 | 30 | 15 | 30 | 30 | |
| | TR3-2 | なし | なし | 10 | 10 | 10 | 15 | なし | なし | 15 | 15 | 30 | 30 | 15 | 30 | 30 | |
| BL-3 | D4 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 25 | 25 | 35 | 35 | 25 | 35 | 35 | |
| | TR4-1 | 5 | 5 | 10 | 5 | なし | なし | なし | なし | 15 | 15 | 25 | 25 | 15 | 25 | 25 | |
| | D5 | 1 | 1 | 15 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 15 | 20 | 20 | 5 | 20 | 20 | |
| | TR5-1 | 2 | 2 | 10 | 10 | 5 | 15 | 5 | 5 | 5 | 25 | 30 | 30 | 5 | 30 | 30 | |
| | TR5-2 | 2 | 2 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 | 25 | 35 | 35 | 20 | 35 | 35 | |
| BL-4 | D6 | なし | なし | 10 | 5 | 10 | 20 | 5 | 5 | 20 | 25 | 25 | 20 | 25 | 25 | | |
| | TR6-1 | なし | なし | 15 | 15 | 10 | 15 | 5 | 5 | 20 | 45 | 45 | 20 | 45 | 45 | | |
| | D7 | 2 | 2 | 10 | 5 | 15 | 25 | 5 | 5 | 15 | 30 | 30 | 15 | 30 | 30 | | |
| | TR7-1 | 3 | 2 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 5 | 25 | 50 | 50 | 25 | 50 | 50 | | |
| | TR7-2 | なし | なし | 10 | 10 | 10 | 15 | 5 | 5 | 10 | 30 | 30 | 10 | 30 | 30 | | |
| | D8 | なし | なし | 10 | 10 | 10 | 15 | 5 | 10 | 10 | 40 | 40 | 10 | 40 | 40 | | |
| BL-5 | TR8-1 | 10 | 8 | 30 | 25 | 10 | 10 | 5 | 10 | 15 | 35 | 35 | 15 | 35 | 35 | | |
| | PM2 | 3 | 2 | 5 | 5 | 10 | 30 | 5 | 10 | 10 | 20 | 20 | 10 | 20 | 20 | | |
| | TR8-2 | 10 | 10 | 40 | 15 | 10 | 30 | 5 | 10 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | | |
| | TR8-3 | 6 | 6 | 25 | 25 | 10 | 25 | 5 | 10 | 20 | 40 | 40 | 20 | 40 | 40 | | |
| BL-6 | D9 | 6 | 6 | 25 | 20 | 10 | 20 | 5 | 10 | 15 | 30 | 30 | 15 | 30 | 30 | | |
| | TR9-1 | 5 | 5 | 10 | 15 | 15 | 25 | 5 | 5 | 20 | 25 | 25 | 20 | 25 | 25 | | |
| | D10 | 10 | 30 | 15 | 25 | 5 | 20 | 5 | 5 | 25 | 35 | 35 | 25 | 35 | 35 | | |
| | TR10-1 | 10 | 10 | 25 | 15 | 10 | 20 | 5 | 20 | 20 | 25 | 25 | 20 | 25 | 25 | | |
| | TR10-2 | 5 | 4 | 15 | 30 | 10 | 15 | 5 | 5 | 40 | 65 | 65 | 5 | 40 | 65 | | |
| BL-7 | D11 | 10 | 10 | 20 | 50 | 10 | 20 | 5 | 5 | 25 | 35 | 35 | 25 | 35 | 35 | | |
| | TR11-1 | 10 | 10 | 10 | 10 | 30 | 30 | なし | なし | 25 | 30 | 30 | 25 | 30 | 30 | | |
| | D12 | 8 | 6 | 20 | 25 | 15 | 30 | 5 | 5 | 15 | 20 | 20 | 15 | 20 | 20 | | |
| | TR12-1 | 7 | 6 | 15 | 10 | 25 | 30 | 5 | 5 | 15 | 40 | 40 | 15 | 40 | 40 | | |
| BL-8 | TR12-2 | 8 | 8 | 15 | 10 | 15 | 20 | 5 | 5 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | | |
| | D13 | 7 | 17 | 10 | 10 | 20 | 35 | 5 | 5 | 25 | 40 | 40 | 25 | 40 | 40 | | |
| | TR13-1 | 15 | 15 | 10 | 10 | 15 | 20 | 5 | 5 | 20 | 45 | 45 | 20 | 45 | 45 | | |
| | D14 | 2 | 4 | 15 | 15 | 20 | 30 | 5 | 5 | 20 | 35 | 35 | 20 | 35 | 35 | | |
| BL-9 | TR14-1 | 13 | 20 | 10 | 10 | 15 | 25 | 5 | 5 | 25 | 35 | 35 | 25 | 35 | 35 | | |
| | TR14-2 | 6 | 6 | 20 | 10 | 10 | 20 | 5 | 5 | 25 | 40 | 40 | 25 | 40 | 40 | | |
| | D15 | 3 | 3 | 15 | 15 | 15 | 20 | なし | なし | 25 | 35 | 35 | 25 | 35 | 35 | | |
| | TR15-1 | 20 | 12 | 15 | 20 | 20 | 30 | 5 | 5 | 20 | 45 | 45 | 20 | 45 | 45 | | |
| BL-10 | D16 | 10 | 20 | 20 | 20 | 15 | 30 | 5 | 5 | 20 | 25 | 25 | 20 | 25 | 25 | | |
| | TR16-1 | 10 | 10 | 25 | 30 | 30 | 40 | 5 | 5 | 30 | 45 | 45 | 30 | 45 | 45 | | |
| | TR16-2 | 17 | 10 | 15 | 10 | 15 | 30 | 5 | 5 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | | |
| | D17 | 1 | 1 | 25 | 25 | 10 | 20 | なし | なし | 30 | 50 | 50 | 30 | 50 | 50 | | |
| BL-11 | TR17-1 | 5 | 8 | 20 | 15 | 20 | 30 | なし | なし | 25 | 50 | 50 | 25 | 50 | 50 | | |
| | PM3 | なし | なし | 15 | 15 | 5 | 20 | 5 | 5 | 20 | 55 | 55 | 20 | 55 | 55 | | |
| | TR17-2 | 5 | 5 | 20 | 15 | 15 | 30 | 5 | 5 | 20 | 40 | 40 | 20 | 40 | 40 | | |
| | TR17-3 | 2 | 3 | 25 | 15 | 20 | 40 | なし | なし | 45 | 65 | 65 | 45 | 65 | 65 | | |
| | D18 | 5 | 5 | 20 | 15 | 15 | 20 | なし | なし | 25 | 45 | 45 | 25 | 45 | 45 | | |
| BL-12 | TR18-1 | 2 | 2 | 20 | 15 | 15 | 25 | 5 | 5 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | | |
| | D19 | 8 | 8 | 15 | 10 | 5 | 25 | 5 | 5 | 20 | 35 | 35 | 20 | 35 | 35 | | |
| | TR19-1 | 5 | 6 | 15 | 15 | 5 | 15 | 5 | 15 | 30 | 65 | 65 | 30 | 65 | 65 | | |
| | TR19-2 | 5 | 3 | 20 | 20 | 5 | 10 | 10 | 35 | 50 | 65 | 65 | 50 | 65 | 65 | | |
| | D20 | 3 | 3 | 15 | 15 | 15 | 20 | 5 | 15 | 50 | 80 | 80 | 50 | 80 | 80 | | |
| BL-13 | TR20-1 | 5 | 4 | 25 | 15 | 5 | 15 | 5 | 10 | 20 | 60 | 60 | 20 | 60 | 60 | | |
| | D21 | 7 | 6 | 20 | 15 | 25 | 25 | 5 | 10 | 30 | 40 | 40 | 30 | 40 | 40 | | |
| | TR21-1 | 6 | 5 | 20 | 15 | 15 | 20 | なし | なし | 25 | 35 | 35 | 25 | 35 | 35 | | |
| | TR21-2 | 2 | 2 | 30 | 30 | 10 | 25 | 5 | 5 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | | |
| | D22 | 25 | 20 | 20 | 20 | 15 | 20 | 5 | 5 | 20 | 35 | 35 | 20 | 35 | 35 | | |
| BL-14 | TR22-1 | 15 | 13 | 15 | 15 | 15 | 35 | なし | なし | 20 | 30 | 30 | 20 | 30 | 30 | | |
| | D23 | 20 | 10 | 25 | 15 | 5 | 15 | 5 | 10 | 20 | 25 | 25 | 20 | 25 | 25 | | |
| | TR23-1 | 10 | 15 | 15 | 10 | 15 | 30 | なし | なし | 15 | 20 | 20 | 15 | 20 | 20 | | |
| | TR23-2 | 7 | 7 | 15 | 15 | 5 | 25 | 5 | 5 | 25 | 45 | 45 | 25 | 45 | 45 | | |
| BL-15 | D24 | 10 | 8 | 25 | 25 | 10 | 30 | 5 | 5 | 15 | 25 | 25 | 15 | 25 | 25 | | |
| | TR24-1 | 16 | 13 | 20 | 15 | 10 | 20 | 5 | 5 | 15 | 25 | 25 | 15 | 25 | 25 | | |
| | D25 | 25 | 10 | 15 | 20 | 15 | 45 | 5 | 5 | 15 | 25 | 25 | 15 | 25 | 25 | | |
| | TR25-1 | 17 | 13 | 15 | 15 | 10 | 20 | 5 | 5 | 15 | 30 | 30 | 15 | 30 | 30 | | |
| | TR25-2 | 12 | 7 | 20 | 15 | 10 | 20 | なし | なし | 30 | 35 | 35 | 30 | 35 | 35 | | |
| BL-16 | D26 | 20 | 10 | 20 | 10 | 5 | 25 | 5 | 5 | 20 | 30 | 30 | 20 | 30 | 30 | | |
| | TR26-1 | 15 | 10 | 20 | 15 | 15 | 25 | 10 | 15 | 15 | 20 | 20 | 15 | 20 | 20 | | |
| | D27 | 10 | 10 | 30 | 20 | 15 | 30 | 5 | 5 | 20 | 30 | 30 | 20 | 30 | 30 | | |
| | TR27-1 | 8 | 10 | 30 | 15 | 25 | 30 | 5 | 10 | 10 | 25 | 25 | 10 | 25 | 25 | | |
| | TR27-2 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 20 | 5 | 10 | 20 | 40 | 40 | 20 | 40 | 40 | | |
| BL-17 | D28 | 7 | 25 | 20 | 30 | 10 | 40 | 5 | 10 | 25 | 30 | 30 | 25 | 30 | 30 | | |
| | TR28-1 | 13 | 8 | 20 | 15 | 5 | 15 | なし | なし | 20 | 25 | 25 | 20 | 25 | 25 | | |
| | D29 | 12 | 8 | 15 | 25 | 5 | 15 | 5 | 5 | 15 | 30 | 30 | 15 | 30 | 30 | | |
| | TR29-1 | 8 | 10 | 15 | 15 | なし | なし | 5 | 5 | 20 | 65 | 65 | 20 | 65 | 65 | | |
| | TR29-2 | 20 | 10 | 5 | 10 | なし | なし | 5 | 5 | 20 | 30 | 30 | 20 | 30 | 30 | | |
| BL-18 | D30 | 12 | 10 | 30 | 10 | 10 | 15 | 5 | 5 | 10 | 15 | 15 | 10 | 15 | 15 | | |
| | TR3-1 | 15 | 13 | 10 | 10 | 5 | 20 | なし | なし | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | | |
| | T1 | 20 | 8 | 10 | 15 | 5 | 20 | なし | なし | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | | |
| | TR30-2 | 20 | 10 | 15 | 15 | 5 | 10 | なし | なし | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | | |
| BL-18 | TR30-3 | 10 | 22 | 20 | 35 | 5 | 15 | 5 | 5 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | | |
| | D31 | 8 | 12 | 25 | 30 | 5 | 15 | なし | なし | 15 | 20 | 20 | 15 | 20 | 20 | | |
| | TR31-1 | 20 | 8 | 20 | 25 | 10 | 20 | なし | なし | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | | |
| | TR31-2 | 15 | 10 | 15 | 20 | 5 | 20 | 5 | 5 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | | |
| | D32 | 15 | 10 | 10 | 15 | 5 | 20 | 5 | 5 | 30 | 25 | 25 | 30 | 25 | 25 | | |
| | TR32-1 | 8 | 8 | 20 | 15 | 5 | 10 | なし | なし | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | | |
| TR32-2 | 16 | 12 | 10 | 20 | 5 | 5 | なし | なし | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | | | |

至：ポートサイド・イスマイア(西側)

中心線

外側車線 内側車線 内側車線 外側車線

西側主塔 西側主塔

至：シナイ半島(東側)

西側主塔

西側主塔

表 2.2.2 ひび割れ幅と深さ（西側区間～支間中央）

単位：mm

| ブロック No. | No. | 南側 | | | | 北側 | | | | | |
|----------|--------|------|----|------|----|------|----|------|----|----|----|
| | | 外側車線 | | 内側車線 | | 内側車線 | | 外側車線 | | | |
| | | 幅 | 深さ | 幅 | 深さ | 幅 | 深さ | 幅 | 深さ | | |
| BL-19 | D33 | 10 | 8 | 20 | 30 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 15 |
| | TR33-1 | 25 | 14 | 20 | 25 | 5 | 15 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| | TR33-2 | 30 | 13 | 20 | 25 | 5 | 20 | 5 | 5 | 10 | 15 |
| | D34 | 20 | 10 | 30 | 35 | 5 | 10 | なし | なし | 10 | 10 |
| | TR34-1 | 20 | 15 | 30 | 25 | 20 | 20 | 5 | 5 | 10 | 20 |
| TR34-2 | 20 | 12 | 20 | 25 | 20 | 25 | なし | なし | 5 | 5 | |
| BL-20 | D35 | 25 | 13 | 20 | 25 | 10 | 20 | 5 | 5 | 10 | 10 |
| | TR35-1 | 17 | 11 | 15 | 15 | 10 | 20 | なし | なし | 10 | 10 |
| | TR35-2 | 25 | 8 | 15 | 20 | 10 | 25 | なし | なし | 15 | 10 |
| | D36 | 20 | 9 | 10 | 15 | 10 | 25 | なし | なし | 15 | 15 |
| | TR36-1 | 20 | 10 | 10 | 10 | 5 | 35 | なし | なし | 15 | 25 |
| | TR36-2 | 13 | 10 | 10 | 20 | 5 | 20 | 5 | 5 | 35 | 40 |
| BL-21 | D37 | 13 | 13 | 15 | 20 | 10 | 20 | 5 | 5 | 25 | 25 |
| | TR37-1 | 5 | 2 | 10 | 15 | 5 | 10 | 5 | 10 | 10 | 15 |
| | TR37-2 | 1 | 1 | 15 | 25 | 5 | 20 | 5 | 5 | 10 | 15 |
| | D38 | 5 | 4 | 10 | 15 | 10 | 20 | なし | なし | 15 | 20 |
| | TR38-1 | 7 | 5 | 15 | 15 | 10 | 25 | なし | なし | 20 | 30 |
| | TR38-2 | 7 | 27 | 30 | 30 | 10 | 30 | なし | なし | 20 | 35 |
| BL-22 | D39 | 2 | 3 | 30 | 25 | 15 | 30 | なし | なし | 30 | 30 |
| | TR39-1 | 1 | 3 | 25 | 25 | 5 | 40 | 5 | 5 | 20 | 30 |
| | TR39-2 | 1 | 2 | 25 | 30 | 15 | 15 | 5 | 5 | 20 | 25 |
| | D40 | 3 | 4 | 10 | 10 | 15 | 30 | 5 | 5 | 25 | 30 |
| | TR40-1 | 6 | 6 | 10 | 10 | 20 | 20 | 5 | 5 | 25 | 35 |
| | TR40-2 | 3 | 3 | 10 | 10 | 20 | 40 | 5 | 5 | 20 | 30 |
| | D41 | 10 | 40 | 20 | 30 | 20 | 25 | 5 | 15 | 25 | 30 |
| BL-23 | TR41-1 | 10 | 12 | 25 | 25 | 15 | 20 | 5 | 10 | 25 | 30 |
| | TR41-2 | 1 | 1 | 15 | 15 | 15 | 25 | 15 | 45 | 20 | 35 |
| | D42 | 3 | 1 | 5 | 10 | 30 | 25 | 15 | 45 | 25 | 35 |
| | TR42-1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 | 35 | 5 | 10 | 25 | 30 |
| TR42-2 | 5 | 5 | 10 | 10 | 5 | 25 | 10 | 15 | 20 | 35 | |
| BL-24 | D43 | 5 | 6 | 10 | 10 | 10 | 20 | 15 | 30 | 15 | 25 |
| | TR43-1 | 7 | 8 | 15 | 20 | 20 | 35 | 15 | 25 | 30 | 35 |
| | TR43-2 | 4 | 3 | 10 | 15 | 5 | 5 | 5 | 15 | 20 | 25 |
| | D44 | 5 | 3 | 20 | 25 | 10 | 20 | 5 | 20 | 20 | 30 |
| | TR44-1 | 4 | 2 | 15 | 20 | 5 | 5 | 5 | 15 | 30 | 40 |
| | TR44-2 | なし | なし | 20 | 25 | 5 | 10 | 5 | 15 | 25 | 40 |
| BL-25 | D45 | 15 | 35 | 20 | 25 | 20 | 45 | 5 | 10 | 25 | 25 |
| | TR45-1 | 6 | 8 | 30 | 25 | 15 | 30 | 5 | 10 | 30 | 25 |
| | TR45-2 | 7 | 11 | 10 | 15 | 5 | 35 | 5 | 10 | 30 | 20 |
| | D46 | 8 | 12 | 20 | 25 | 10 | 25 | 5 | 5 | 15 | 10 |
| | TR46-1 | 20 | 15 | 20 | 35 | 15 | 30 | 5 | 5 | 15 | 20 |
| | TR46-2 | 27 | 16 | 20 | 25 | 10 | 30 | 5 | 5 | 20 | 20 |
| BL-26 | D47 | 10 | 6 | 20 | 30 | 15 | 30 | 5 | 5 | 30 | 35 |
| | TR47-1 | 13 | 9 | 20 | 20 | 10 | 15 | 5 | 5 | 20 | 25 |
| | TR47-2 | 13 | 8 | 10 | 20 | 5 | 10 | 5 | 5 | 30 | 30 |
| | D48 | 13 | 13 | 20 | 30 | 15 | 30 | 5 | 5 | 15 | 20 |
| | TR48-1 | 6 | 8 | 20 | 20 | 5 | 5 | 5 | 15 | 20 | 25 |
| | TR48-2 | 20 | 23 | 15 | 25 | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 | 30 |
| BL-27 | D49 | 25 | 15 | 20 | 10 | 20 | 30 | 5 | 5 | 20 | 30 |
| | TR49-1 | 7 | 22 | 20 | 20 | 5 | 20 | 5 | 5 | 30 | 30 |
| | TR49-2 | 25 | 7 | 25 | 15 | 15 | 45 | 5 | 5 | 20 | 20 |
| | D50 | 7 | 17 | 30 | 40 | 10 | 40 | 5 | 10 | 15 | 15 |
| | TR50-1 | 10 | 15 | 20 | 35 | 30 | 25 | 10 | 30 | 15 | 20 |
| | TR50-2 | 10 | 18 | 20 | 25 | 5 | 5 | 5 | 5 | 30 | 30 |
| BL-28 | D51 | 10 | 7 | 30 | 30 | 5 | 10 | 30 | 25 | 40 | 35 |
| | TR51-1 | 10 | 24 | 30 | 40 | 25 | 45 | 5 | 5 | 10 | 15 |
| | TR51-2 | 5 | 16 | 20 | 25 | 10 | 30 | 5 | 5 | 20 | 30 |
| | D52 | 6 | 25 | 10 | 25 | 15 | 35 | 5 | 5 | 35 | 30 |
| | TR52-1 | 12 | 27 | 20 | 30 | 5 | 25 | 5 | 10 | 15 | 25 |
| | TR52-2 | 7 | 33 | 25 | 45 | 10 | 40 | 5 | 5 | 20 | 35 |
| BL-29 | D53 | 5 | 20 | 25 | 50 | 30 | 60 | 15 | 25 | 30 | 45 |
| | TR53-1 | 7 | 20 | 20 | 25 | 20 | 50 | 5 | 5 | 20 | 25 |
| | TR53-2 | 7 | 21 | 20 | 20 | 10 | 30 | 10 | 30 | 25 | 30 |
| | D54 | 3 | 12 | 20 | 20 | 5 | 30 | 5 | 5 | 15 | 15 |
| | TR54-1 | 6 | 21 | 5 | 10 | 5 | 10 | 5 | 19 | 25 | 25 |
| | TR54-2 | 5 | 26 | 10 | 20 | 15 | 20 | なし | なし | 20 | 25 |
| BL-30 | D55 | 6 | 19 | 5 | 4 | 10 | 15 | なし | なし | 20 | 35 |
| | TR55-1 | 8 | 24 | 20 | 20 | 10 | 15 | 10 | 10 | 40 | 50 |
| | TR55-2 | 8 | 37 | 20 | 15 | 10 | 20 | 20 | 20 | 30 | 40 |
| | D56 | 8 | 9 | 20 | 20 | 30 | 25 | 5 | 5 | 20 | 30 |
| | TR56-1 | 7 | 19 | 20 | 25 | 10 | 35 | 20 | 30 | 20 | 30 |
| | TR56-2 | 9 | 21 | 10 | 20 | 30 | 30 | 5 | 5 | 25 | 30 |
| BL-31 | D57 | 7 | 45 | 20 | 30 | 40 | 30 | 5 | 10 | 20 | 35 |
| | TR57-1 | 15 | 20 | 40 | 35 | 5 | 30 | 10 | 45 | 50 | 40 |
| | TR57-2 | 25 | 33 | 60 | 45 | 15 | 70 | 5 | 5 | 20 | 25 |
| | D58 | 40 | 30 | 30 | 40 | 20 | 70 | 5 | 5 | 20 | 30 |
| | TR58-1 | 10 | 28 | 40 | 40 | 20 | 35 | 5 | 5 | 20 | 25 |
| | TR58-2 | 22 | 32 | 20 | 35 | 30 | 40 | 5 | 15 | 20 | 30 |
| BL-32 | D59 | 12 | 25 | 50 | 40 | 15 | 50 | 10 | 15 | 20 | 30 |
| | TR59-1 | 10 | 26 | 30 | 30 | 15 | 40 | 5 | 5 | 20 | 20 |
| | TR59-2 | 13 | 30 | 40 | 30 | 20 | 55 | 5 | 5 | 15 | 15 |
| | D60 | 12 | 25 | 30 | 25 | 10 | 30 | 5 | 10 | 10 | 15 |
| | TR60-1 | 16 | 29 | 30 | 25 | 15 | 20 | 5 | 5 | 15 | 25 |
| | TR60-2 | 16 | 25 | 25 | 30 | 5 | 10 | 5 | 5 | 10 | 15 |
| BL-33 | D61 | 13 | 22 | 20 | 35 | 10 | 40 | 10 | 10 | 20 | 25 |
| | TR61-1 | 13 | 30 | 30 | 35 | 10 | 40 | 25 | 25 | 20 | 30 |
| | TR61-2 | 14 | 23 | 20 | 35 | 5 | 15 | 10 | 10 | 20 | 25 |
| | D62 | 14 | 70 | 30 | 35 | 15 | 40 | 25 | 20 | 20 | 30 |
| | TR62-1 | 10 | 40 | 30 | 25 | 15 | 20 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| | TR62-2 | 10 | 25 | 30 | 45 | 15 | 50 | 5 | 10 | 15 | 20 |

至：ホートサイド・イスミア(西側)

外側車線 内側車線 中心線 内側車線 外側車線

至：シナイ半島(東側)

表 2.2.3 ひび割れ幅と深さ（支間中央～東側区間）

単位: mm

| ブロック No. | No. | 南側 | | | | 北側 | | | | | |
|----------|--------|------|----|------|----|------|----|------|----|----|----|
| | | 外側車線 | | 内側車線 | | 内側車線 | | 外側車線 | | | |
| | | 幅 | 深さ | 幅 | 深さ | 幅 | 深さ | 幅 | 深さ | | |
| BL-34 | D63 | 10 | 35 | 20 | 25 | 5 | 5 | 5 | 5 | 15 | 20 |
| | TR63-1 | 10 | 29 | 40 | 50 | 10 | 65 | 5 | 5 | 15 | 20 |
| | D64 | 7 | 21 | 10 | 30 | 15 | 45 | 5 | 10 | 15 | 20 |
| | TR64-1 | 6 | 27 | 20 | 15 | 15 | 50 | 5 | 5 | 15 | 15 |
| | D65 | 10 | 20 | 25 | 20 | 5 | 20 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| BL-35 | TR62-2 | 10 | 35 | 10 | 30 | 10 | 30 | 5 | 15 | 20 | 35 |
| | TR62-1 | 20 | 25 | 20 | 15 | 10 | 20 | 5 | 10 | 10 | 15 |
| | D62 | 30 | 30 | 10 | 20 | 5 | 15 | 5 | 5 | 15 | 30 |
| | TR61-2 | 20 | 25 | 10 | 15 | 10 | 30 | 5 | 10 | 20 | 30 |
| | TR61-1 | 30 | 40 | 20 | 25 | 20 | 30 | 5 | 5 | 15 | 20 |
| | D61 | 20 | 25 | 10 | 35 | 5 | 20 | 5 | 5 | 10 | 15 |
| BL-36 | TR60-2 | 20 | 30 | 15 | 25 | 5 | 25 | 5 | 5 | 30 | 40 |
| | TR60-1 | 30 | 40 | 20 | 15 | 20 | 50 | 5 | 5 | 20 | 30 |
| | D60 | 40 | 40 | 25 | 25 | 30 | 40 | 25 | 25 | 40 | 50 |
| | TR59-2 | 40 | 40 | 25 | 15 | 15 | 30 | 20 | 30 | 25 | 35 |
| | TR59-1 | 40 | 40 | 20 | 15 | 20 | 35 | 20 | 30 | 50 | 75 |
| BL-37 | D59 | 30 | 40 | 15 | 15 | 25 | 25 | 20 | 70 | 70 | 70 |
| | TR58-2 | 40 | 30 | 25 | 20 | 10 | 40 | 5 | 15 | 20 | 30 |
| | TR58-1 | 40 | 40 | 15 | 15 | 15 | 15 | 10 | 20 | 15 | 20 |
| | D58 | 40 | 40 | 15 | 10 | 15 | 30 | 20 | 30 | 15 | 20 |
| | TR57-2 | 40 | 40 | 20 | 10 | 10 | 30 | 20 | 20 | 20 | 25 |
| BL-38 | TR57-1 | 30 | 20 | 10 | 10 | 5 | 20 | 5 | 10 | 15 | 25 |
| | D57 | 50 | 40 | 10 | 10 | 10 | 25 | 5 | 5 | 20 | 35 |
| | TR56-2 | 30 | 35 | 25 | 15 | 15 | 35 | 5 | 5 | 20 | 35 |
| | TR56-1 | 35 | 25 | 35 | 15 | 5 | 20 | 5 | 15 | 40 | 45 |
| | D56 | 50 | 40 | 10 | 15 | 5 | 40 | 10 | 10 | 30 | 35 |
| BL-39 | TR55-2 | 50 | 40 | 20 | 35 | 10 | 15 | 15 | 15 | 30 | 35 |
| | TR55-1 | 30 | 25 | 20 | 15 | 10 | 20 | 5 | 5 | 20 | 30 |
| | D55 | 40 | 30 | 30 | 20 | 10 | 20 | 5 | 5 | 15 | 25 |
| | TR54-2 | 30 | 25 | 20 | 15 | 20 | 35 | なし | なし | 15 | 20 |
| | TR54-1 | 30 | 25 | 10 | 10 | 25 | 25 | 5 | 5 | 30 | 35 |
| BL-40 | D54 | 30 | 35 | 20 | 35 | 25 | 35 | なし | なし | 40 | 40 |
| | TR53-2 | 40 | 30 | 10 | 10 | 10 | 40 | 5 | 10 | 25 | 30 |
| | TR53-1 | 35 | 25 | 30 | 15 | 10 | 45 | なし | なし | 15 | 20 |
| | D53 | 35 | 30 | 20 | 10 | 5 | 15 | 5 | 5 | 20 | 25 |
| | TR52-2 | 40 | 30 | 15 | 10 | 10 | 30 | 5 | 5 | 20 | 30 |
| BL-41 | TR52-1 | 40 | 30 | 10 | 10 | 15 | 30 | 25 | 25 | 20 | 30 |
| | D52 | 40 | 30 | 15 | 10 | 15 | 25 | 5 | 5 | 20 | 25 |
| | TR51-2 | 30 | 25 | 30 | 15 | 10 | 35 | なし | なし | 20 | 25 |
| | TR51-1 | 50 | 40 | 30 | 15 | 15 | 30 | 5 | 5 | 20 | 25 |
| | D51 | 30 | 25 | 30 | 20 | 20 | 10 | なし | なし | 15 | 15 |
| BL-42 | TR50-2 | 20 | 20 | 30 | 10 | 15 | 30 | 20 | 20 | 30 | 10 |
| | TR50-1 | 20 | 15 | 30 | 10 | 10 | 35 | 20 | 30 | 15 | 15 |
| | D50 | 15 | 15 | 15 | 15 | 10 | 25 | 15 | 20 | 10 | 20 |
| | TR49-2 | 25 | 25 | 20 | 15 | 10 | 20 | 15 | 25 | 20 | 25 |
| | TR49-1 | 30 | 25 | 30 | 15 | 20 | 25 | 5 | 5 | 30 | 30 |
| BL-43 | D49 | 30 | 25 | 20 | 10 | 15 | 20 | 5 | 5 | 25 | 30 |
| | TR48-2 | 30 | 25 | 10 | 5 | 5 | 10 | なし | なし | 20 | 20 |
| | TR48-1 | 25 | 20 | 10 | 10 | 10 | 25 | 5 | 5 | 10 | 15 |
| | D48 | 40 | 30 | 10 | 10 | 15 | 20 | 5 | 5 | 10 | 15 |
| | TR47-2 | 40 | 25 | 10 | 10 | 20 | 50 | 30 | 30 | 15 | 20 |
| BL-44 | TR47-1 | 40 | 25 | 15 | 10 | 10 | 20 | なし | なし | 15 | 15 |
| | D47 | 30 | 25 | 10 | 10 | 10 | 15 | なし | なし | 15 | 20 |
| | TR46-2 | 25 | 25 | 20 | 15 | 10 | 20 | 5 | 5 | 15 | 15 |
| | TR46-1 | 40 | 30 | 30 | 20 | 15 | 40 | 10 | 20 | 15 | 15 |
| | D46 | 20 | 25 | 30 | 20 | 10 | 20 | 10 | 10 | 15 | 25 |
| BL-45 | TR45-2 | 40 | 40 | 35 | 25 | 25 | 70 | 5 | 10 | 10 | 20 |
| | TR45-1 | 30 | 25 | 30 | 15 | 15 | 25 | 5 | 10 | 10 | 15 |
| | D45 | 30 | 30 | 40 | 25 | 15 | 35 | 15 | 40 | 15 | 20 |
| | TR44-2 | 30 | 25 | 40 | 20 | 30 | 40 | 15 | 25 | 20 | 20 |
| | TR44-1 | 50 | 40 | 60 | 20 | 15 | 25 | 20 | 30 | 20 | 30 |
| BL-46 | D44 | 50 | 35 | 20 | 20 | 20 | 25 | 10 | 30 | 15 | 15 |
| | TR43-2 | 30 | 30 | 20 | 15 | 10 | 20 | 20 | 30 | 10 | 15 |
| | TR43-1 | 40 | 30 | 30 | 20 | 25 | 25 | 10 | 35 | 10 | 15 |
| | D43 | 45 | 35 | 30 | 10 | 10 | 20 | 10 | 15 | 10 | 10 |
| | TR42-2 | 45 | 30 | 40 | 15 | 20 | 40 | 15 | 30 | 10 | 10 |
| BL-47 | TR42-1 | 45 | 35 | 20 | 15 | 15 | 35 | 15 | 25 | 10 | 15 |
| | D42 | 70 | 40 | 25 | 15 | 30 | 25 | 5 | 10 | 10 | 15 |
| | TR41-2 | 30 | 30 | 30 | 15 | 20 | 20 | 5 | 5 | 10 | 15 |
| | TR41-1 | 35 | 30 | 60 | 20 | 15 | 30 | 5 | 5 | 10 | 10 |
| | D41 | 30 | 25 | 50 | 15 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| BL-48 | TR40-2 | 30 | 35 | 30 | 10 | 10 | 30 | 5 | 5 | 10 | 10 |
| | TR40-1 | 50 | 40 | 50 | 15 | 20 | 20 | 5 | 10 | 5 | 5 |
| | D40 | 40 | 30 | 50 | 15 | 15 | 20 | 5 | 5 | 10 | 10 |
| | TR39-2 | 20 | 25 | 15 | 10 | 20 | 35 | 5 | 5 | 10 | 10 |
| | TR39-1 | 35 | 30 | 60 | 15 | 10 | 30 | 5 | 10 | 15 | 15 |
| BL-49 | D39 | 45 | 30 | 25 | 15 | 10 | 15 | 5 | 5 | 15 | 10 |
| | TR38-2 | 25 | 30 | 30 | 15 | 20 | 30 | 15 | 25 | 15 | 25 |
| | TR38-1 | 30 | 30 | 50 | 25 | 20 | 20 | 5 | 10 | 20 | 25 |
| | D38 | 25 | 25 | 40 | 15 | 10 | 20 | 5 | 5 | 20 | 25 |
| | TR37-2 | 30 | 30 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 5 | 15 | 20 |
| BL-49 | TR37-1 | 40 | 30 | 25 | 45 | 10 | 20 | 5 | 5 | 10 | 10 |
| | D37 | 25 | 25 | 40 | 20 | 15 | 20 | 5 | 10 | 10 | 25 |
| | TR36-2 | 30 | 30 | 25 | 20 | 15 | 25 | 5 | 10 | 10 | 15 |
| | TR36-1 | 30 | 25 | 30 | 20 | 15 | 20 | 5 | 5 | 10 | 20 |
| | D36 | 25 | 20 | 20 | 10 | 10 | 20 | 5 | 5 | 15 | 15 |
| BL-49 | TR35-2 | 10 | 10 | 15 | 15 | 10 | 30 | 5 | 5 | 15 | 25 |
| | TR35-1 | 15 | 20 | 25 | 20 | 20 | 20 | 5 | 5 | 15 | 25 |
| | D35 | 10 | 10 | 20 | 10 | 10 | 20 | なし | なし | 10 | 10 |
| | TR34-2 | 30 | 50 | 40 | 20 | 20 | 25 | 5 | 5 | 20 | 25 |
| | TR34-1 | 30 | 25 | 30 | 25 | 10 | 30 | 5 | 5 | 15 | 25 |
| BL-49 | D34 | 10 | 10 | 20 | 25 | 10 | 15 | 5 | 5 | 15 | 25 |
| | TR33-2 | 10 | 10 | 30 | 20 | 15 | 25 | なし | なし | 10 | 20 |
| | TR33-1 | 10 | 10 | 30 | 25 | 10 | 15 | 5 | 5 | 10 | 25 |
| | D33 | 10 | 5 | 20 | 15 | 20 | 25 | 5 | 5 | 20 | 20 |

至: ホトサイド・イスマイア(西側)

至: シナイ半島(東側)

表 2.2.4 ひび割れ幅と深さ（東側区間）

単位: mm

| ブロック No. | No. | 南側 | | | | | | 北側 | | | | | |
|----------|--------|------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|
| | | 外側車線 | | 内側車線 | | 内側車線 | | 外側車線 | | 外側車線 | | 外側車線 | |
| | | 幅 | 深さ | 幅 | 深さ | 幅 | 深さ | 幅 | 深さ | 幅 | 深さ | 幅 | 深さ |
| BL-50 | TR32-2 | 5 | 5 | 20 | 20 | 15 | 30 | 5 | 5 | 5 | 20 | 30 | |
| | TR32-1 | 5 | 5 | 15 | 10 | 10 | 15 | 5 | 5 | 5 | 20 | 40 | |
| | D32 | 15 | 15 | 25 | 20 | 15 | 20 | 5 | 5 | 5 | 40 | 30 | |
| | TR31-2 | 20 | 20 | 10 | 10 | 15 | 25 | なし | なし | なし | 20 | 30 | |
| | TR31-1 | 10 | 10 | 20 | 15 | 20 | 25 | 5 | 5 | 5 | 70 | 40 | |
| D31 | 5 | 5 | 20 | 15 | 10 | 20 | 5 | 5 | 5 | 15 | 30 | | |
| BL-51 | TR30-3 | 5 | 10 | 20 | 15 | 10 | 15 | 5 | 5 | 5 | 10 | 20 | |
| | TR30-2 | 30 | 30 | 25 | 20 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 | 20 | 25 | |
| | T2 | 30 | 30 | 20 | 15 | 5 | 10 | なし | なし | なし | 15 | 30 | |
| | TR30-1 | 15 | 15 | 20 | 15 | 5 | 15 | なし | なし | なし | 15 | 25 | |
| D30 | 50 | 32 | 15 | 50 | 5 | 10 | なし | なし | なし | 20 | 25 | | |
| BL-52 | TR29-2 | 28 | 22 | 40 | 20 | 10 | 20 | 5 | 5 | 5 | 25 | 30 | |
| | TR29-1 | 10 | 10 | 40 | 20 | 10 | 20 | 5 | 10 | 5 | 10 | 20 | |
| | D29 | 15 | 15 | 30 | 15 | 10 | 20 | 5 | 5 | 5 | 10 | 30 | |
| | TR28-1 | 15 | 10 | 30 | 25 | 15 | 30 | 5 | 5 | 5 | 10 | 25 | |
| D28 | 15 | 25 | 25 | 15 | 25 | 20 | 5 | 5 | 5 | 20 | 35 | | |
| BL-53 | TR27-2 | 20 | 10 | 25 | 10 | 5 | 20 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | |
| | TR27-1 | 30 | 20 | 20 | 20 | 10 | 20 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | |
| | D27 | 15 | 15 | 30 | 25 | 10 | 20 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | |
| | TR26-1 | 20 | 15 | 15 | 15 | 10 | 20 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | |
| | D26 | 20 | 20 | 10 | 45 | 20 | 40 | 5 | 10 | 5 | 15 | 35 | |
| BL-54 | TR25-2 | 50 | 20 | 20 | 15 | 20 | 20 | 5 | 5 | 5 | 10 | 20 | |
| | TR25-1 | 25 | 15 | 20 | 20 | 10 | 15 | 5 | 10 | 5 | 5 | 25 | |
| | D25 | 30 | 20 | 40 | 25 | 20 | 25 | 5 | 5 | 5 | 10 | 20 | |
| | TR24-1 | 20 | 10 | 30 | 15 | 10 | 30 | 5 | 5 | 5 | 15 | 20 | |
| D24 | 60 | 30 | 20 | 15 | 20 | 30 | 5 | 5 | 5 | 15 | 15 | | |
| BL-55 | TR23-2 | 30 | 15 | 30 | 15 | 15 | 20 | 5 | 5 | 5 | 15 | 30 | |
| | TR23-1 | 20 | 20 | 15 | 15 | 15 | 20 | 5 | 5 | 5 | 10 | 15 | |
| | D23 | 10 | 10 | 20 | 20 | 15 | 20 | 5 | 5 | 5 | 10 | 15 | |
| | TR22-1 | 25 | 15 | 20 | 20 | 10 | 20 | 5 | 5 | 5 | 10 | 15 | |
| | D22 | 15 | 35 | 20 | 15 | 10 | 20 | なし | なし | なし | 10 | 15 | |
| BL-56 | TR21-2 | 25 | 15 | 15 | 15 | 10 | 35 | 5 | 5 | 5 | 10 | 40 | |
| | TR21-1 | 30 | 20 | 10 | 20 | 20 | 20 | 5 | 5 | 5 | 10 | 20 | |
| | D21 | 30 | 15 | 20 | 20 | 15 | 25 | 5 | 5 | 5 | 20 | 30 | |
| | TR20-1 | 10 | 10 | 15 | 15 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 20 | |
| | D20 | 30 | 15 | 10 | 10 | なし | なし | なし | なし | なし | 10 | 20 | |
| BL-57 | TR19-2 | 15 | 20 | 60 | 15 | 5 | 5 | なし | なし | なし | 15 | 35 | |
| | TR19-1 | 30 | 20 | 20 | 25 | 15 | 30 | 5 | 5 | 5 | 20 | 30 | |
| | D19 | 40 | 20 | 20 | 20 | 5 | 10 | なし | なし | なし | 30 | 45 | |
| | TR18-1 | 20 | 10 | 30 | 20 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 | 20 | 65 | |
| | D18 | 10 | 10 | 20 | 20 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 25 | 45 | |
| BL-58 | TR17-3 | 10 | 10 | 15 | 15 | 10 | 45 | なし | なし | なし | 5 | 15 | |
| | TR17-2 | 20 | 20 | 15 | 35 | 10 | 25 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | |
| | PM4 | 25 | 15 | 20 | 15 | 20 | 65 | 5 | 5 | 5 | 5 | 15 | |
| | TR17-1 | 50 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | なし | なし | なし | 10 | 15 | |
| D17 | 70 | 20 | 20 | 15 | 15 | 15 | なし | なし | なし | 5 | 15 | | |
| BL-59 | TR16-2 | 80 | 20 | 25 | 20 | 10 | 25 | なし | なし | なし | 15 | 15 | |
| | TR16-1 | 20 | 20 | 30 | 20 | 10 | 25 | 5 | 5 | 5 | 5 | 15 | |
| | D16 | 25 | 15 | 20 | 15 | 20 | 20 | 5 | 10 | 5 | 20 | 25 | |
| | TR15-1 | 25 | 25 | 20 | 15 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | |
| | D15 | 25 | 20 | 20 | 20 | 20 | 35 | 15 | 20 | 15 | 15 | 25 | |
| BL-60 | TR14-2 | 25 | 15 | 25 | 20 | 15 | 25 | 20 | 20 | 20 | 20 | 35 | |
| | TR14-1 | 20 | 15 | 20 | 15 | 5 | 10 | 20 | 20 | 20 | 15 | 15 | |
| | D14 | 10 | 20 | 25 | 20 | 20 | 30 | 10 | 25 | 20 | 20 | 35 | |
| | TR13-1 | 10 | 10 | 20 | 20 | 10 | 20 | 10 | 10 | 5 | 5 | 15 | |
| | D13 | 20 | 20 | 20 | 20 | 5 | 20 | 10 | 10 | 10 | 10 | 20 | |
| BL-61 | TR12-2 | 20 | 15 | 10 | 10 | 15 | 20 | 5 | 15 | 10 | 10 | 15 | |
| | TR12-1 | 25 | 20 | 20 | 25 | 5 | 5 | 5 | 10 | 10 | 10 | 10 | |
| | D12 | 5 | 5 | 20 | 15 | 15 | 15 | 5 | 5 | 5 | 15 | 20 | |
| | TR11-1 | 40 | 30 | 30 | 25 | 20 | 40 | 5 | 5 | 5 | 15 | 20 | |
| | D11 | 15 | 50 | 20 | 45 | 15 | 30 | 5 | 10 | 15 | 15 | 25 | |
| BL-62 | TR10-2 | 30 | 20 | 20 | 15 | 25 | 30 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| | TR10-1 | 20 | 15 | 15 | 15 | 20 | 25 | 5 | 5 | 5 | 10 | 10 | |
| | D10 | 30 | 20 | 10 | 10 | 20 | 25 | 5 | 5 | 5 | 10 | 10 | |
| | TR9-1 | 30 | 20 | 10 | 10 | 15 | 20 | 5 | 5 | 5 | 10 | 20 | |
| | D9 | 30 | 20 | 20 | 15 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | |
| BL-63 | TR8-3 | 60 | 15 | 20 | 10 | 15 | 40 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | |
| | TR8-2 | 30 | 15 | 20 | 20 | 10 | 45 | 5 | 15 | 5 | 5 | 10 | |
| | PM5 | 20 | 15 | 20 | 20 | 10 | 25 | 5 | 15 | 5 | 5 | 15 | |
| | TR8-1 | 40 | 20 | 20 | 20 | 10 | 25 | 5 | 10 | 10 | 10 | 20 | |
| | D8 | 30 | 15 | 5 | 10 | 5 | 10 | なし | なし | なし | 15 | 35 | |
| BL-64 | TR7-2 | 20 | 20 | 20 | 15 | 20 | 25 | 5 | 5 | 5 | 20 | 30 | |
| | TR7-1 | 30 | 20 | 20 | 20 | 20 | 35 | 5 | 5 | 5 | 20 | 40 | |
| | D7 | 40 | 20 | 30 | 20 | 10 | 40 | 5 | 5 | 5 | 20 | 30 | |
| | TR6-1 | 40 | 20 | 30 | 20 | 15 | 20 | 5 | 10 | 10 | 10 | 15 | |
| | D6 | 50 | 20 | 20 | 20 | 5 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 | 20 | |
| BL-65 | TR5-2 | 40 | 25 | 20 | 15 | 5 | 15 | 5 | 10 | 10 | 15 | 15 | |
| | TR5-1 | 30 | 20 | 40 | 25 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 15 | |
| | D5 | 40 | 20 | 20 | 15 | 20 | 25 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | |
| | TR4-1 | 10 | 15 | 20 | 15 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | |
| | D4 | 20 | 50 | 20 | 25 | 5 | 5 | 5 | 10 | 15 | 15 | 15 | |
| BL-66 | TR3-2 | 25 | 20 | 20 | 45 | 10 | 20 | 5 | 10 | 10 | 10 | 15 | |
| | TR3-1 | 25 | 25 | 25 | 15 | なし | なし | 5 | 5 | 5 | 15 | 20 | |
| | D3 | 25 | 40 | 25 | 45 | 5 | 5 | 5 | 10 | 15 | 15 | 20 | |
| | TR2-1 | 30 | 20 | 25 | 20 | 5 | 10 | なし | なし | なし | 10 | 15 | |
| | D2 | 20 | 45 | 30 | 40 | 10 | 60 | なし | なし | なし | 10 | 15 | |
| BL-67 | TR1-2 | 50 | 15 | 20 | 15 | 5 | 20 | なし | なし | なし | 10 | 30 | |
| | TR1-1 | 25 | 15 | 30 | 20 | 5 | 10 | 5 | 10 | 20 | 30 | 30 | |
| | D1 | 20 | 15 | なし | なし | 10 | 30 | 5 | 10 | 20 | 60 | 60 | |

至:ボトサイド・イスマリア(西側)

東側主要

東側主塔

至:シナイ半島(東側)

- 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。

(4) 考察

橋梁の舗装面のほぼ全体にひび割れが発生しており、交通量の多い走行車線の損傷度合いが大きいため、ひび割れ発生と拡大の原因に、交通量が影響していると考えられる。

2.2.2 変状詳細調査

(1) 調査目的

前記（2.2.1 変状全体調査）の結果から特に損傷度合いの大きい箇所を選択して、舗装のひび割れの幅、深さ、浮き具合の調査を行い、損傷原因等の推測に資することを目的とする。

(2) 調査方法

- 変状詳細調査は舗装の深刻な損傷箇所 6 箇所では幅 4m×長さ 6m の区域について行った。
- 調査項目はハンマーテストにより舗装の浮き具合を確認、クラックスケールとクラックメジャーによりひび割れの幅と深さの確認、区域内のひび割れ位置の確認及び平坦性の確認を行った。

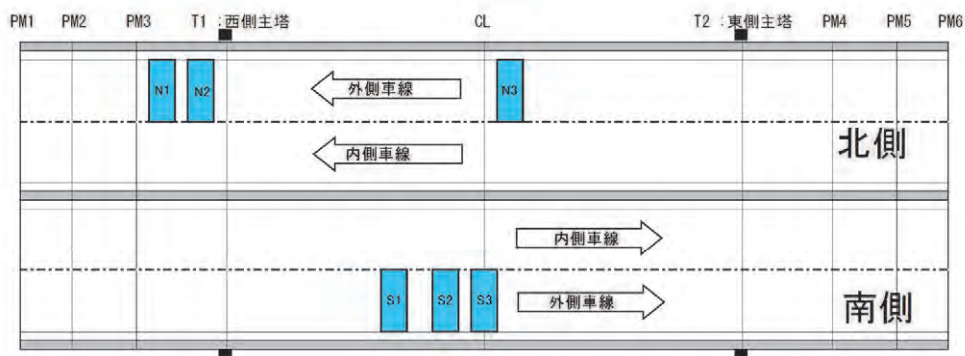


図 2.2.2 変状詳細調査箇所図



写真 2.2.4 変状詳細調査

(3) 調査結果

- N1 箇所の変状詳細調査結果の写真

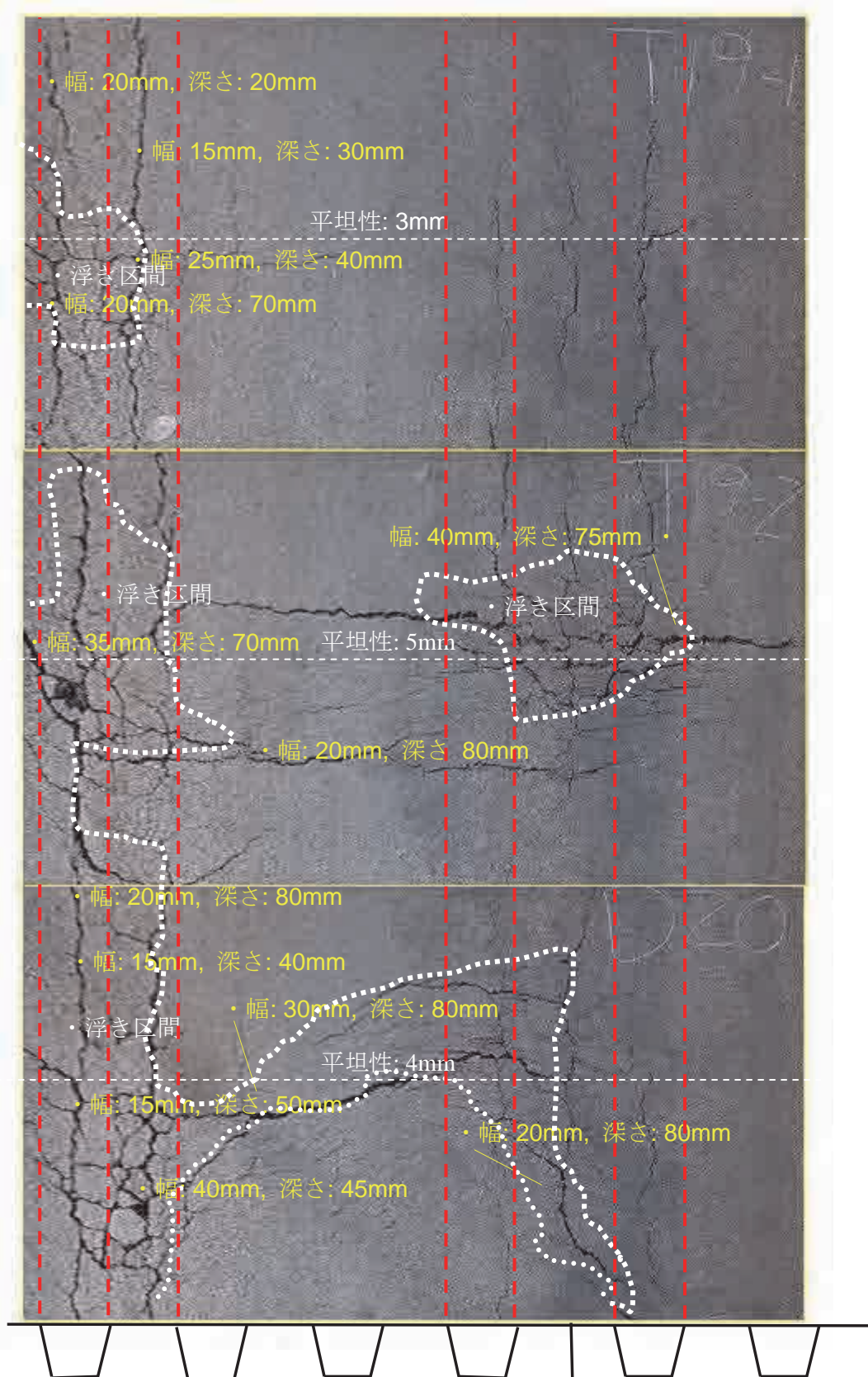


図 2.2.3 変状詳細調査結果 (N1)

- 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。



写真 2.2.5 車両走行位置の主要なひび割れ

- 主要なひび割れはリブプレート間に発生している。



写真 2.2.6 リブプレート間に発生した主要なひび割れ

- また、ダイヤフラム間の中間に主要なひび割れを確認した。



写真 2.2.7 ダイヤフラム間に発生した主要なひび割れ

(4) 考察

- ひび割れの最初の原因は、過積載車両の通行によって発生した。そのひび割れが走行車両の影響で発達し、鋼床版まで到達したものと推定する。その結果、雨水等の侵入により鋼床版と舗装の接着層を著しく劣化し浮いた状況になり更にひび割れが発達したと思われる。
- ひび割れは引張側に発生するのが一般的であるが、主要なひび割れがリッププレートやダイヤフラム間の圧縮側に発生していることから接着層の劣化が予測される。

2.2.3 コア採取

(1) 調査目的

ひび割れが大きい箇所で、ひび割れの貫通度合いや舗装面下の接着層の状況（付着強度）を直接目視及び測定することを目的として舗装コアを採取した。

(2) 調査方法

- 6箇所の位置に直径 100mm のコア孔を開けコアを採取した。
- 付着力試験は各コアボーリング位置で実施した。

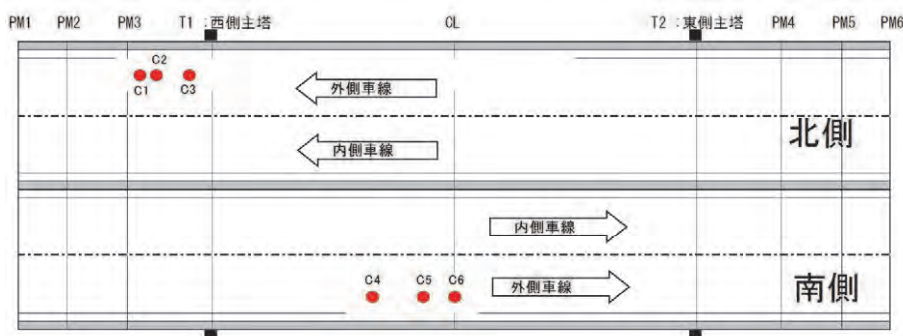
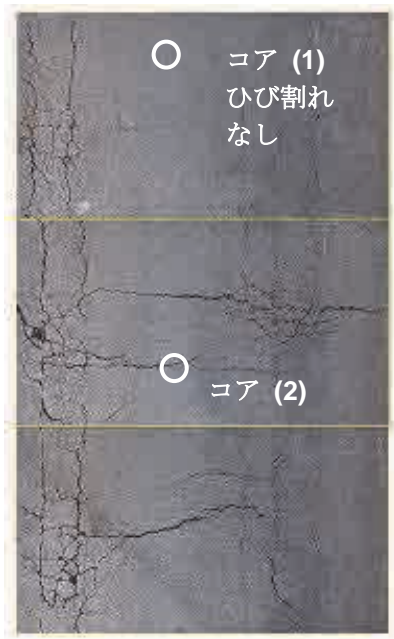


図 2.2.4 コアボーリング位置図



N-1 (Tr19-1/Tr19-2/D20)



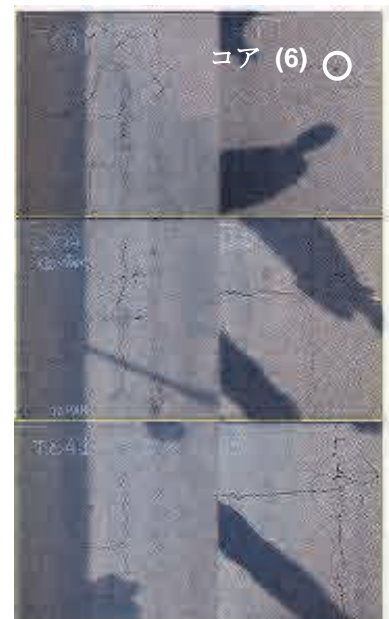
N-2 (Tr28-1/D29/Tr29-1)



S-1 (Tr57-2/D58/Tr58-1)



S-2 (Tr61-2/D62/Tr62-1)



S-3 (Tr63-1/D64/Tr64-1)

図 2.2.5 コアボーリング詳細位置図

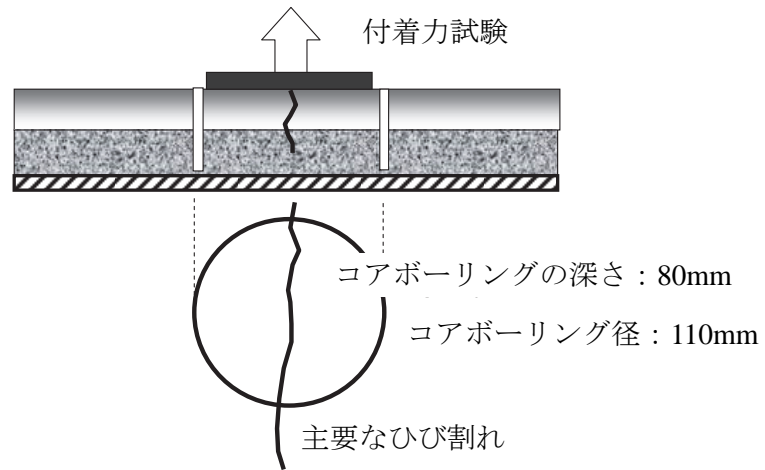


図 2.2.6 舗装コアサンプリング（直径 100mm）

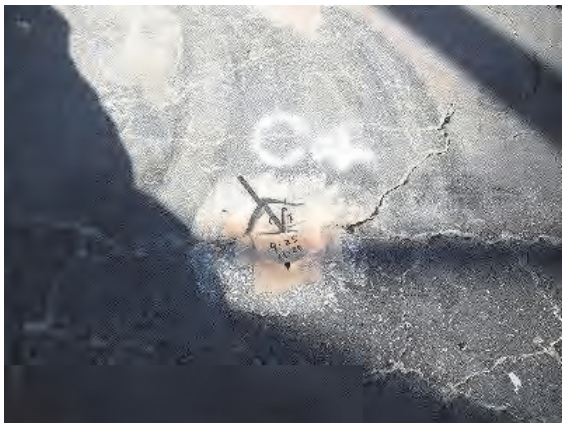


写真 2.2.8 コア抜きと付着力試験

(3) 調査結果

- 平均の付着力強度は、 $0.113\text{N/mm}^2 < 1.4\text{N/mm}^2$ 基準接着力強度であった。
- ひび割れのない箇所 C1 の接着力強度でも 0.178N/mm^2 であった。
- コアの破損箇所は、16.7%がタックコートと 83.3%が接着層の箇所であった。

表 2.2.5 付着力試験の結果

| 位置 | 付着力強度 N/mm ² | 破損箇所の割合 (%) | | | | 調査日 |
|----|----------------------------|-------------|-------------|----|-------------|------------|
| | | 表層 | タックコート | 基層 | 接着層 | |
| C1 | 0.178 | | | | 100 | 2011/12/06 |
| C2 | 0.242 | | | | 100 | 2011/12/06 |
| C3 | 0.020 | | 100 | | | 2011/12/06 |
| C4 | 0.102 | | | | 100 | 2011/12/05 |
| C5 | 0.064 | | | | 100 | 2011/12/05 |
| C6 | 0.064 | | | | 100 | 2011/12/05 |
| 平均 | 0.113 | | 16.7 | | 83.3 | |



写真 2.2.9 コアサンプル

(4) 考察

- 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。



写真 2.2.10 舗装の切削と開削作業



写真 2.2.11 アスファルト材による埋め戻し

(3) 調査結果

- 舗装のひび割れはひび割れ幅 10mm 以上のものは鋼床版まで貫通していた。



写真 2.2.12 舗装開削断面 (L2)

- すべての開削調査箇所において接着層の劣化が著しく接着効果が低下している。



写真 2.2.13 開削した舗装ブロック下面（接着面） L2



写真 2.2.14 鋼床版の接着層と錆の除去（L2）



写真 2.2.15 除去した接着層の状況（L1）

- 追加調査（健全箇所 2 箇所）の開削調査結果は良好であった。



写真 2.2.16 追加調査箇所の開削調査状況（良好な箇所）SA2



写真 2.2.17 追加調査箇所の開削調査状況（良好な箇所）SA2——拡大写真

(4) 考察

- ひび割れ幅 10mm を超えるものは、鋼床版まで貫通している可能性が極めて高い。
- 接着層に浸透した水を確認した。
- 表層と基層の間のタックコートによる接着は良好である。
- ひび割れがある区域の基層と鋼床版との付着力強度は基準値を満足していない。舗装全体の約 70%相当が劣化している可能性が高い。
- 調査結果から接着層まで劣化しており、接着層を含めた全面打ち替えが必要である。

2.3 鋼床版の健全度に係る詳細調査

2.3.1 鋼床版上面調査

(1) 調査目的

- 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することを目的とした。

(2) 調査方法

- 調査範囲：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
- 調査項目：錆、腐食、疲労亀裂の有無の確認
- 調査方法：目視による観察

(3) 調査結果

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。

1. L1



L1 の舗装撤去時に、接着層に付着した茶色物質を確認



接着層（接着材と錆）

写真 2.3.1 デッキプレート上面（L1）

2. S1



舗装撤去状況



リブ上の研磨されたデッキプレート上面

写真 2.3.2 デッキプレート上面（S1）

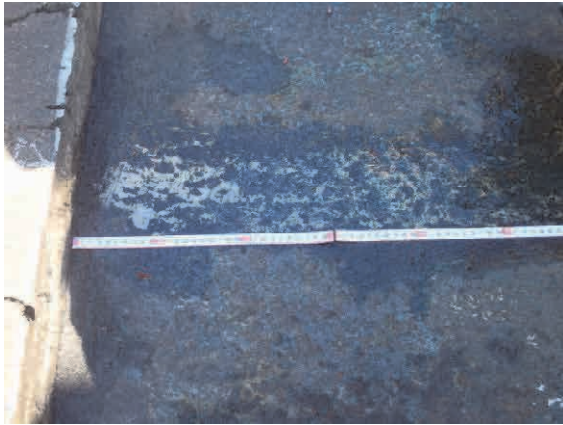
3. L2



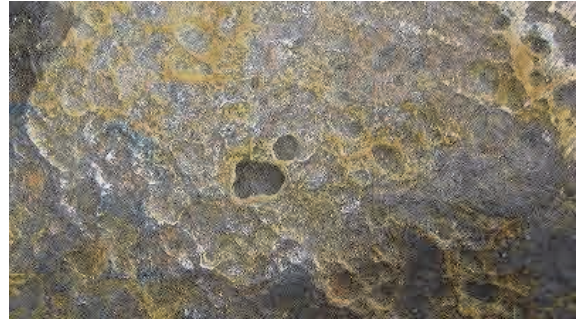
L2 と S2 の開削前状況



舗装撤去状況



腐食除去後の表面状態



表面状態（拡大）

写真 2.3.3 デッキプレート上面（L2）

4. S2

- 錆びた層状の接着層は容易に除去でき、バラバラの破片状態となった。

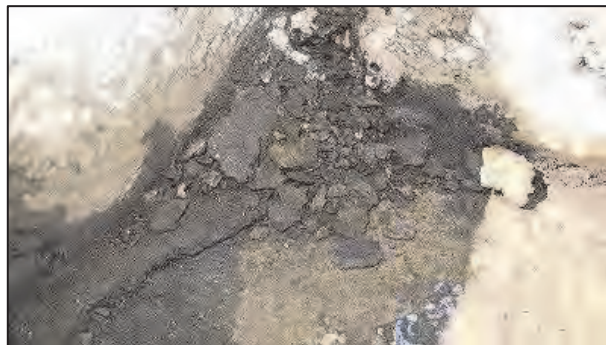


写真 2.3.4 デッキプレート上面（S2）

5. L3



写真 2.3.5 デッキプレート上面（L3）

(4) 考察

- 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。
- 腐食の進行を抑えるために、最初にショットブラストでデッキプレート上面の錆を除去し、防水層とともに全面的に新しい舗装を打ち換える必要がある。

2.3.2 デッキプレート板厚調査

(1) 調査目的

デッキプレートの腐食は板厚を減少させ、デッキプレート上面に亀裂や欠陥が発生し、さらに脆弱になる可能性がある。従って、前記（2.3.1 鋼床版上面調査）で調査した箇所のデッキプレートの板厚の減少の有無と度合いを測定し、鋼床版の損傷度合いを判断する情報を収集することを目的とした。

(2) 調査方法

- 腐食によるデッキプレート板厚減少を舗装撤去後に測定する。
- 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する。
- 平滑化した部位を 10cm から 20cm 間隔で、5 箇所から 10 箇所で板厚を測定し、平均板厚を算出する。

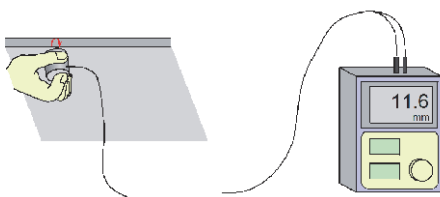


図 2.3.1 超音波板厚計による板厚測定検査



写真 2.3.6 デッキプレート板厚測定

(3) 調査結果

- 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。開削位置西側部位の腐食領域でデッキプレート上面平滑化後、板厚を測定した。

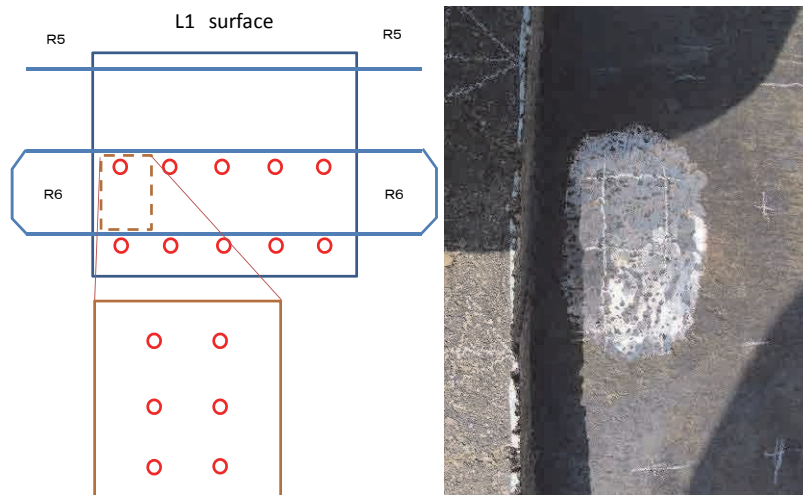


図 2.3.2 開削位置 L1 デッキプレート上面の板厚測定位置

- U-rib #6 上の L1 全体で 10 箇所板厚測定(mm)

| | | | | |
|------|------|------|------|------|
| 11.9 | 11.9 | 12.1 | 11.9 | 12.1 |
| 12.0 | 11.9 | 12.0 | 11.9 | 12.0 |

- L1 腐食領域： 30cm×50cm 範囲を平滑化後、6 箇所板厚測定(mm)

| | | |
|------|------|------|
| 11.5 | 11.8 | 11.8 |
| 11.7 | 11.9 | 11.7 |

- S1 腐食領域： 30cm×50cm 範囲を平滑化後、6 箇所板厚測定(mm)

| | | |
|------|------|------|
| 11.5 | 11.7 | 11.8 |
| 11.5 | 11.4 | 11.4 |

- L2 (mm)

| | | | | |
|------|------|------|------|------|
| 11.4 | 11.5 | 11.6 | 11.5 | 11.3 |
| 11.4 | 11.7 | 11.5 | 11.6 | 11.6 |

平均値：11.5mm

- S2 腐食領域：30cm×50cm 範囲を平滑化後、4箇所測定 (mm)

| | |
|------|------|
| 11.5 | 11.6 |
| 11.7 | 11.9 |

- L3 (mm)

| | | | | |
|------|------|------|------|------|
| 11.5 | 11.5 | 11.4 | 11.5 | 11.6 |
| 11.4 | 11.6 | 11.3 | 11.7 | 11.6 |

- 各開削位置での板厚平均値 (mm)

| L1 (平滑前) | L1 (西側) | S1 | L2 | S2 | L3 |
|----------|---------|------|------|------|------|
| 12.0 | 11.7 | 11.6 | 11.5 | 11.7 | 11.5 |

(4) 考察

- 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。
- デッキプレート上面には腐食による小さな窪みが存在したが、板厚測定からは除外された。
- 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、このまま放置すれば、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。

2.3.3 目視調査

(1) 調査目的

目視調査(VI)は、橋梁の劣化水準を把握し、磁粉探傷調査(MT)と超音波探傷調査(UT)を適用する適切な位置を選定するために実施された。

(2) 調査方法

- 目視調査は桁内で行われ、目視調査の結果に応じて、触手（接近）調査を実施した。
- 溶接ビード部や溶接止端部の疲労が発生しやすい詳細部を対象に、密接に目視調査を実施した。
- 目視調査は以下の範囲で実施された。
 - 舗装開削位置直下（5箇所の黄色で示す範囲）の2個のダイヤフラム間のデッキプレートと横リブプレートとの溶接連結部
 - 橋梁全長に渡る U-rib#7 と #8 の周辺の輪荷重直下の鋼床版(OSD)溶接ビード部

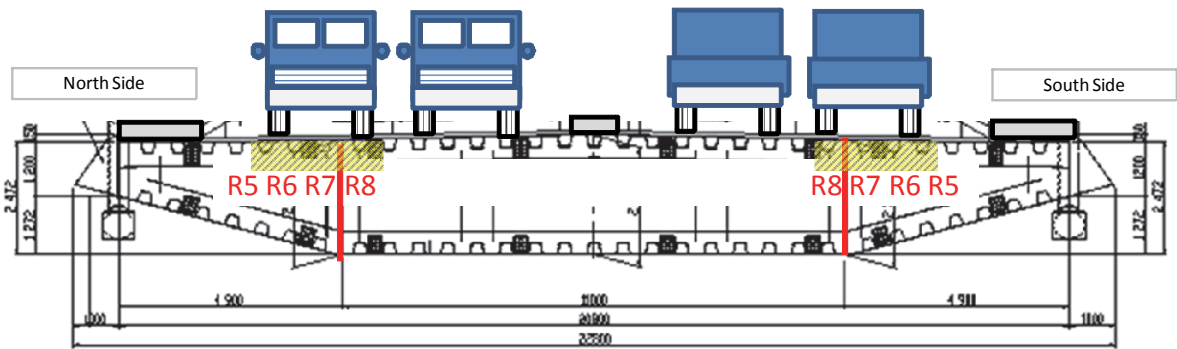


図 2.3.3 車輪走行位置に対する目視調査の位置

部材位置記号の名称規則

- W Tr20-1 R6 S(5) : 橋梁西側、横リブ No. 20-1、南側 U-rib No. 6 の Rib No. 5 側の面
- W D21 E : 橋梁西側、ダイヤフラム No. 21 の東側の面
- W 20(3) : 橋梁西側、ダイヤフラム No. 20 と No. 21 間の 3 番目のセル
- U-rib の番号は南側から北側の順番で、R1S...R15S, R16, R15N...R1N とし、R16 が中央の U-rib を示す。

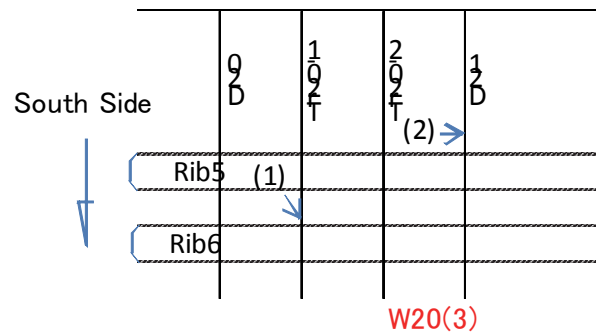


図 2.3.4 部材位置記号の名称規則



写真 2.3.7 鋼床版箱桁で実施された目視調査

(3) 調査結果

- 目視調査では疲労亀裂は検出されなかった。
- いくつかの溶接不良が発見され、付録に掲載した。

- 写真 2.3.8 に示すように、塗装塗膜の亀裂が数箇所検出された。これらの塗膜亀裂のパターンは金属疲労亀裂とは異なる。



L1 WTr20-1 W-R6(5)

L1 WS-Tr20-1-R6R5 側

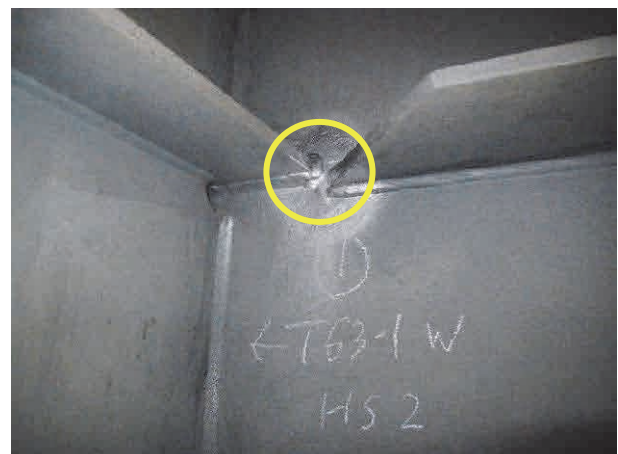
写真 2.3.8 塗装塗膜亀裂

(4) 考察

- 舗装開削位置直下の詳細点検範囲と鋼床版 U-rib No. 7, 8 の両方で鋼材の疲労亀裂は検出されなかった。
- 品質不良の疲労が発生しやすい詳細構造や溶接部が数箇所で見られた。
- これらの部位では後日、定期的検査で点検した方が良い。それらの詳細構造を以下に示す。
 - 横リブ交差部の U-rib のスカーラップ溶接部（写真 2.3.9 の上側左）
 - デッキプレートとの垂直補剛材溶接部、特に車輪直下（写真 2.3.9 の中段、下段の左）
 - 水平補剛材に近接した横リブのフランジの突合せ溶接（写真 2.3.9 の上段右）
 - U-rib の橋軸方向溶接（溶接部ルート面の条件による）
 - 中間腹板のスカーラップ回し溶接部（写真 2.3.9 の中段右）



U-rib のスカーラップ端部回し溶接



水平補剛材に近接した横リブフランジの突合せ溶接



デッキプレートとの垂直補剛材溶接部（特に車輪直下の有害位置）



下フランジのスカーラップ溶接部



車輪直下のデッキプレートに回し溶接される架設用リブ

写真 2.3.9 定期的に点検が必要な部位（特に鋼床版）

2.3.4 磁粉探傷調査

(1) 調査目的

デッキプレートと箱桁内部の疲労亀裂の有無を確認するために行う。

(2) 調査方法

- 磁粉探傷調査(MT)は、塗装塗膜亀裂が目視検査で発見され、塗膜除去後、小さな亀裂（約2-3mmの長さ）が検出された部位に適用される。
- 本調査で使用される磁性粒子は、暗い所で、紫外線の光線（ブラックライト）にさらされた時に、表面の小さな不連続性を明らかにすることができる蛍光塗料粒子である。

磁粉探傷調査の原理

- 磁化装置が鋼材表面に設置される時、鋼材表面近くで磁場が流れる。しかし、もし表面近くに亀裂が存在し、磁場の通過を遮断すれば、磁束が空气中に漏出する。
- 磁性粒子は漏出した磁束に付着し、この粒子が点検者によって容易に検出されるために、

亀裂の存在が示される。

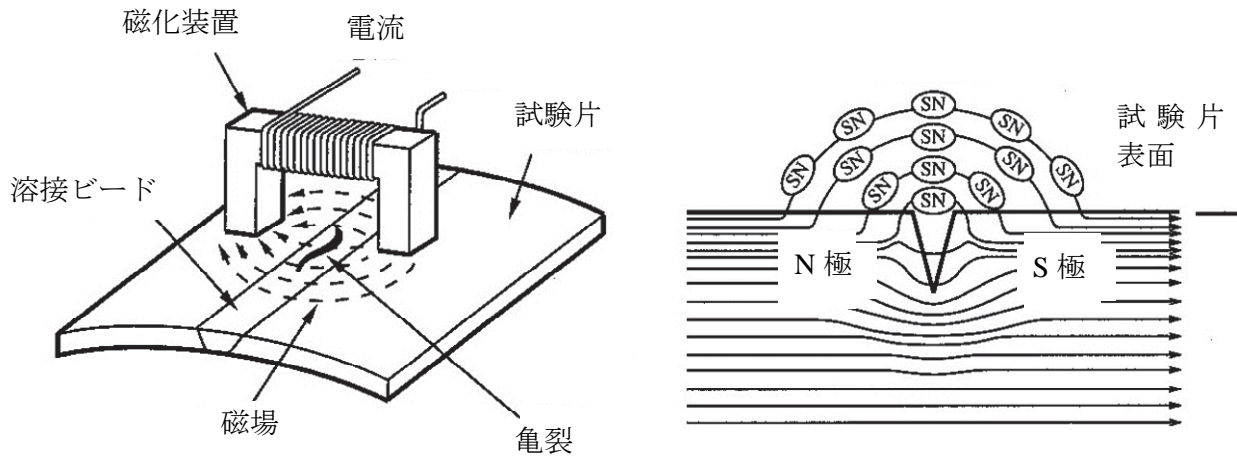


図 2.3.5 磁粉探傷調査の機能：漏出した磁束に付着する磁性粒子

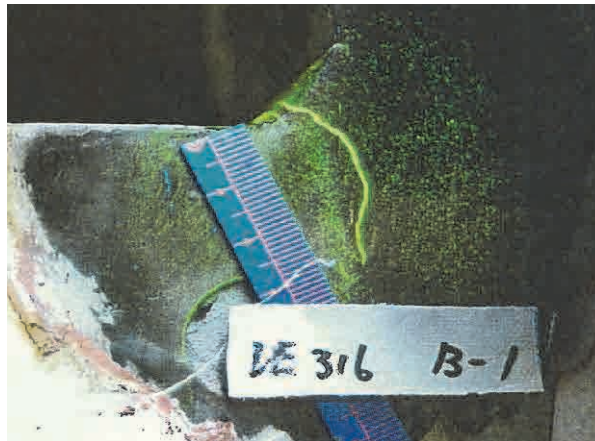


写真 2.3.10 磁粉探傷調査で検出された疲労亀裂の事例（他橋の例）

磁粉探傷試験は以下に示すデッキプレート上面と鋼箱桁内の鋼材の疲労亀裂検出に適用された。

(ア) 鋼床版上面側

- 疲労亀裂は、U-rib の溶接部ルート面と腐食（脆化）したデッキプレート上面の両方から発生すると予想される。
- 磁粉探傷調査は腐食したデッキプレート表面をグラインダーで平滑化してから実施される。調査位置を以下に示す。
- 太陽光線を遮断するために調査位置を覆う厚手の暗幕が使用された。

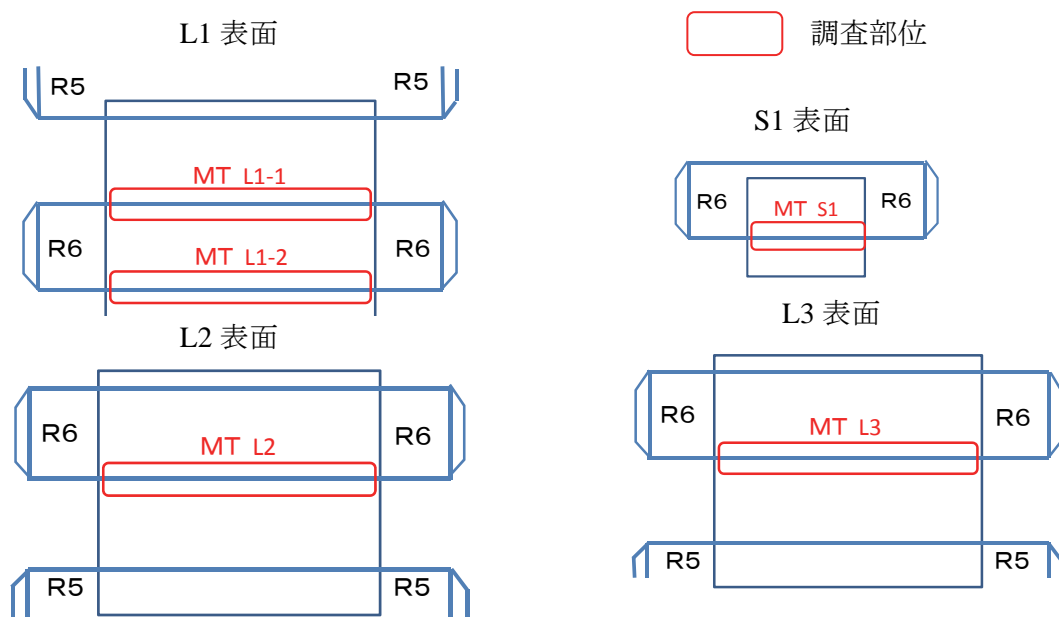


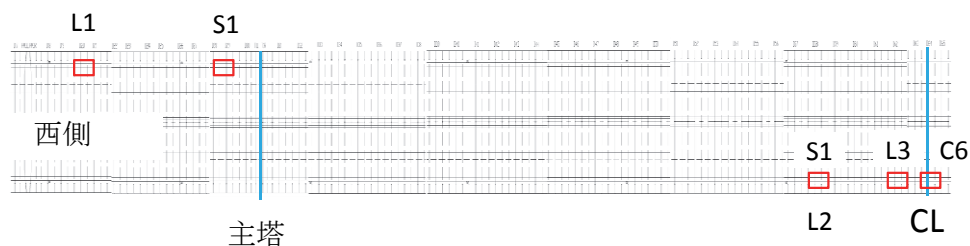
図 2.3.6 デッキプレート上面の磁粉探傷調査位置（鋼床版上の舗装開削位置）



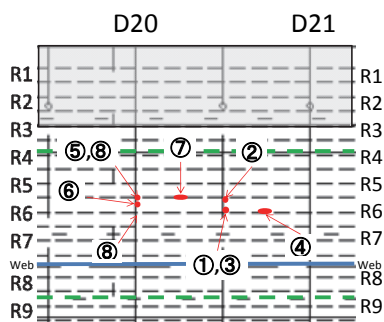
写真 2.3.11 デッキプレート上面での磁粉探傷調査作業状況

2. 舗装開削直下の鋼箱桁内部

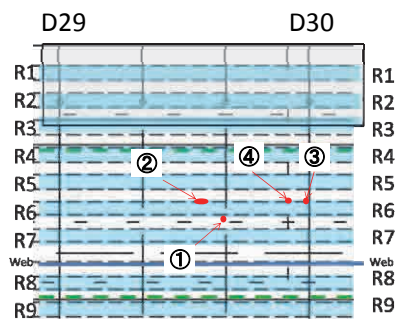
- 詳細調査部位は舗装開削直下で選定された（超音波探傷調査と同様に L1、L2、L3、S1、S2 と支間中央部）。
- 走行車線車輪位置直下付近の溶接ビードを接近目視調査し、磁粉探傷調査位置を 3 から 6 箇所を選定した。



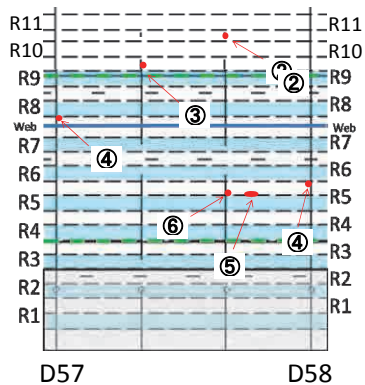
L1 鋼箱桁内部



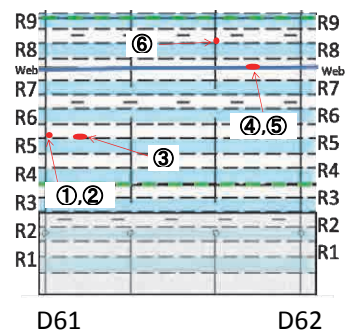
S1 鋼箱桁内部



L2.S2 鋼箱桁内部



L3 鋼箱桁内部



C6 鋼箱桁内部

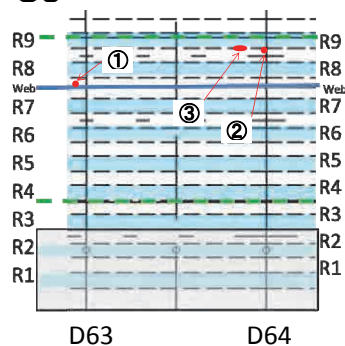


図 2.3.7 舗装開削位置直下の磁粉探傷調査箇所



写真 2.3.12 舗装開削位置直下での磁粉探傷調査作業状況

(ア) 走行車線車輪位置直下の鋼箱桁内部（U-rib #7,#8 周辺）

- 目視調査で塗装塗膜亀裂が検出された位置で磁粉探傷調査が実施された。

(3) 調査結果

(イ) デッキプレート上面磁粉探傷調査

- 舗装開削位置のデッキプレート上面で磁粉探傷が実施された（L1、L2、L3、S1、S2 表面）。
- 疲労亀裂は検出されなかった。

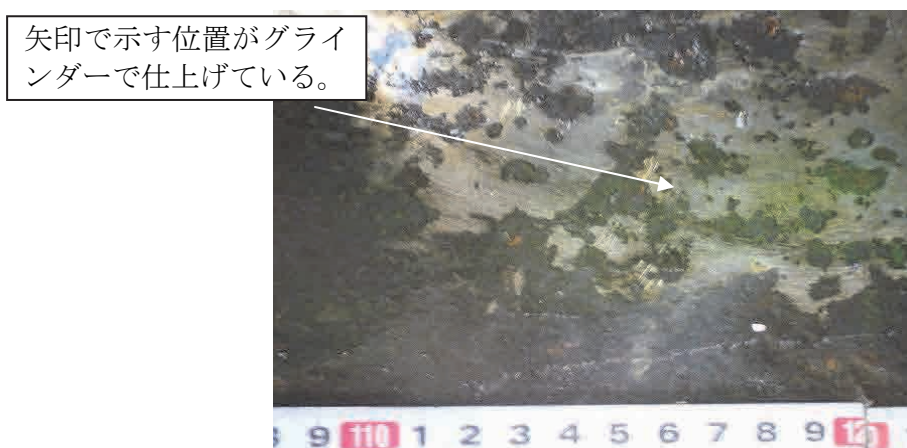


写真 2.3.13 S2 位置デッキプレート上面の磁粉探傷調査

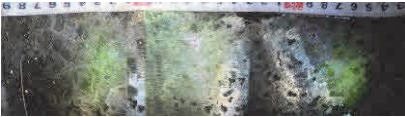
MT L1-1



MT L1-2



MT S1



MT L2



MT L3



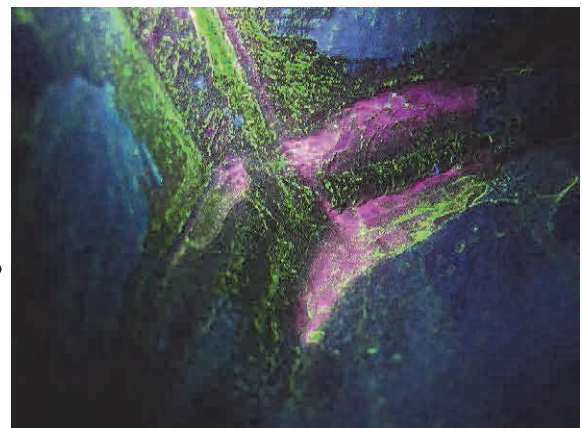
写真 2.3.14 デッキプレート上面の磁粉探傷調査結果

(ウ) 舗装開削位置直下の鋼箱桁内部磁粉探傷調査

- 疲労亀裂は検出されなかった。
- 溶接ビードで微小な表面亀裂が L1 で観察（写真 2.3.15）されたが、これは溶接処理時に発生した亀裂で、表面をグラインダー処理後、表面亀裂を除去できた。
- 磁粉探傷調査結果は付録資料のデータベースで要約されている。



グラインダー処理前



グラインダー処理後の磁粉探傷結果

写真 2.3.15 溶接ビード上の表面亀裂

(エ) U-rib #8 周辺の鋼箱桁内部磁粉探傷調査

- 疲労亀裂は検出されなかった。
- 数箇所の塗装塗膜亀裂が検出されたが、写真 2.3.16 に示すように塗装除去後、磁粉探傷調査が実施され、疲労亀裂は検出されなかった。

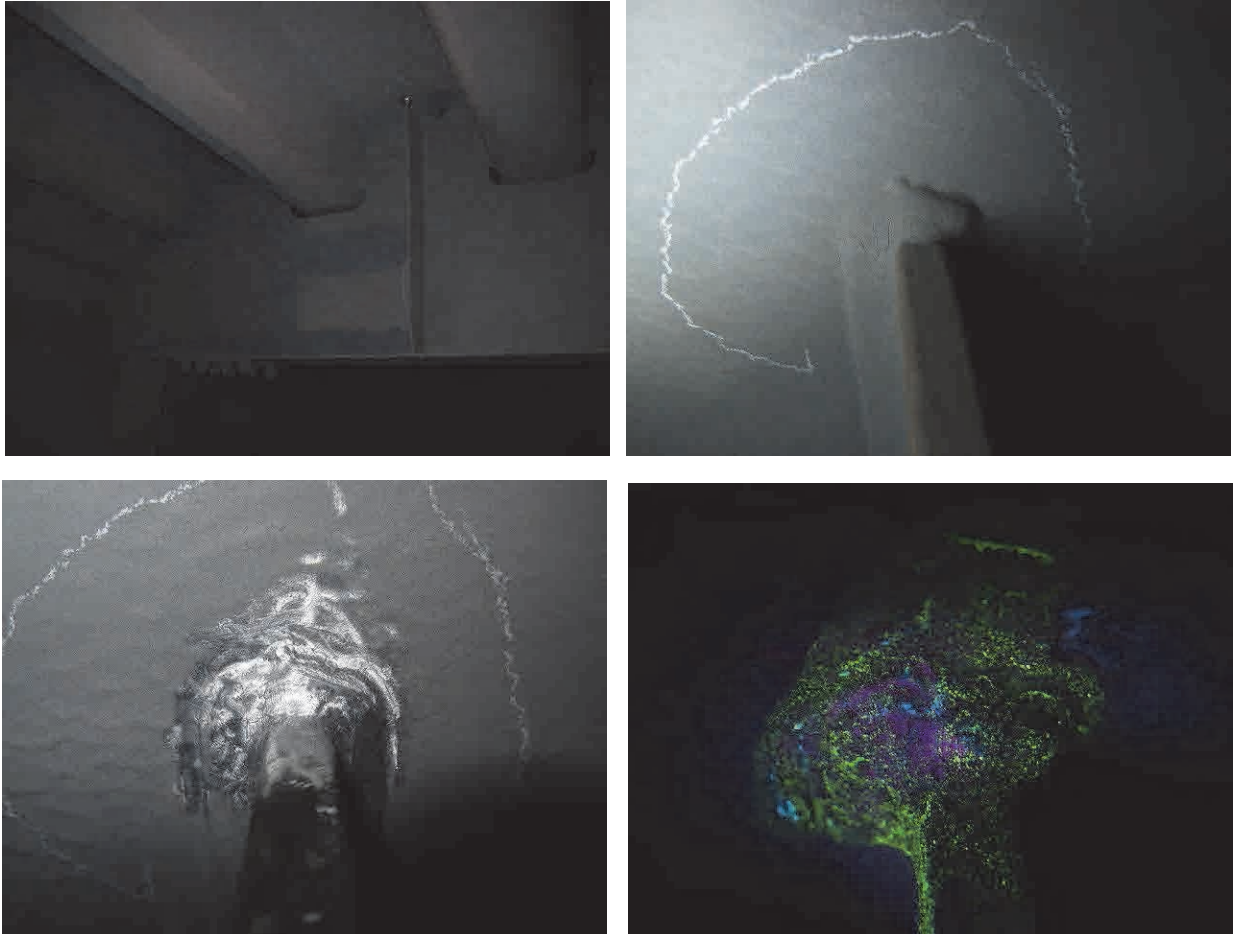


写真 2.3.16 U-rib #7、#8 周辺の磁粉探傷調査結果：W T58-1E R9S(8)

(4) 考察

- 疲労亀裂の疑いのある塗装塗膜亀裂を磁粉探傷で調査したが、塗装塗膜亀裂だけや溶接不良のみで、疲労亀裂は検出されなかった。
- 選定された近接調査部位の経過年数は10年であり、疲労亀裂は発見されなかった。
- 現時点では本橋は疲労亀裂発生リスクは小さいと言える。
- しかし、定期的な点検により、疲労亀裂の発生しやすい部位を検査することを推奨する。

2.3.5 超音波探傷調査

(1) 調査目的

- 超音波探傷調査が溶接ビード内部の疲労亀裂を検出するために実施された。
- 鋼床版の U-rib の場合、図 2.3.8 に示すように溶接金属のルート面から発生し、デッキプレート側に進展する。
- この種の疲労亀裂は目視調査では検出が難しく、超音波探傷が疲労亀裂がデッキプレートを貫通する前に検出できる唯一の方法である。

(2) 調査方法

超音波探傷の仕組み

- 探触子から超音波が鉛直角度 70 度で発生し、デッキプレートを貫通するルート面からの疲労亀裂の先端に焦点を当てる方法である。
- 長さ 6mm 以上の貫通する疲労亀裂を検出することが可能である。
- 半自動超音波探傷の使用で、調査後すぐに疲労亀裂の 2 次元画像を表示することができる。
- また、超音波探傷ではデッキプレート上面の腐食の存在を検出することができる。

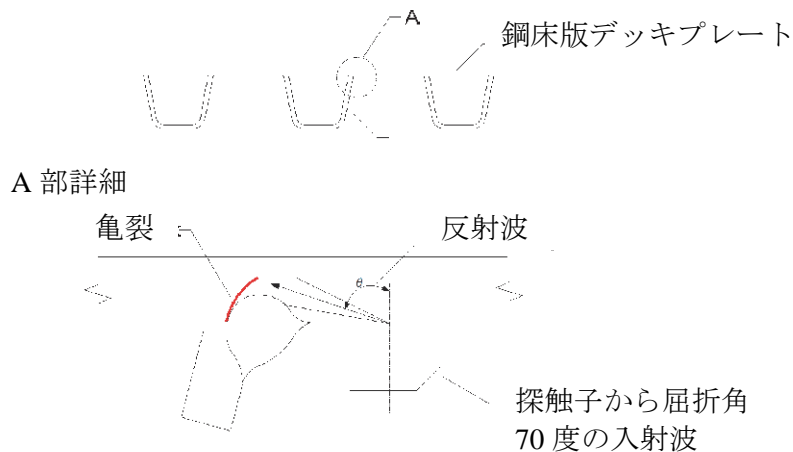


図 2.3.8 鋼床版デッキプレート疲労亀裂の超音波探傷調査

— 超音波探傷調査位置

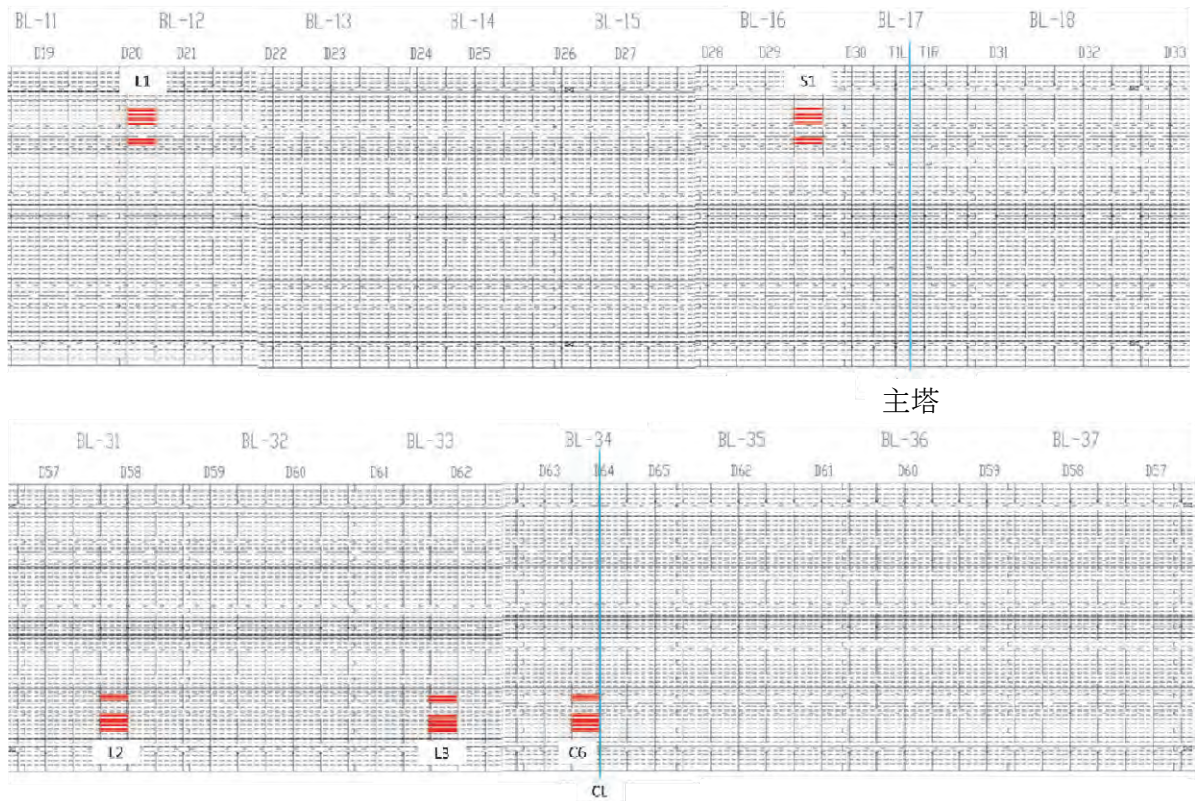


図 2.3.9 鋼床版デッキプレート超音波探傷調査位置



写真 2.3.17 超音波探傷調査作業状況

(3) 調査結果

- 疲労亀裂の兆候はなかった。
- デッキプレート表面の腐食を示すエコーが観測された。
- 腐食代が厚くなるほど、エコー信号の密度が強くなるとみなすことが可能である。

(オ) 疲労亀裂の超音波探傷調査

- 疲労亀裂の兆候はないが、部位によっては大きく分布しているエコーを受信した。

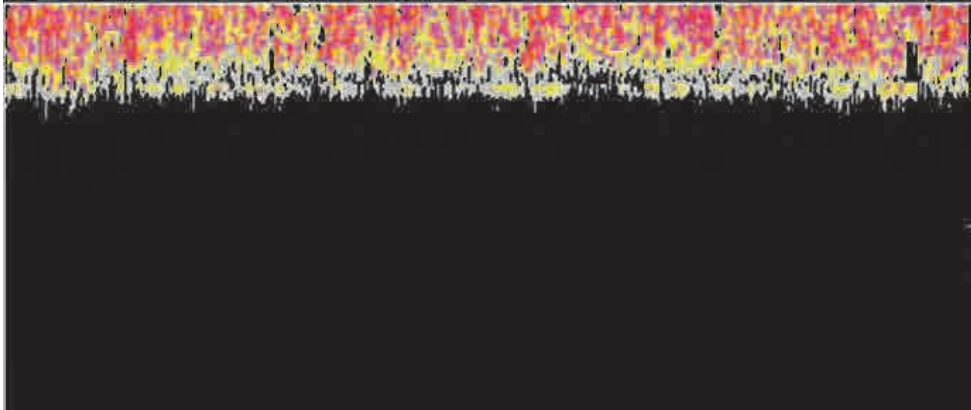


図 2.3.10 超音波探傷調査結果：亀裂や欠陥のエコーは存在しない

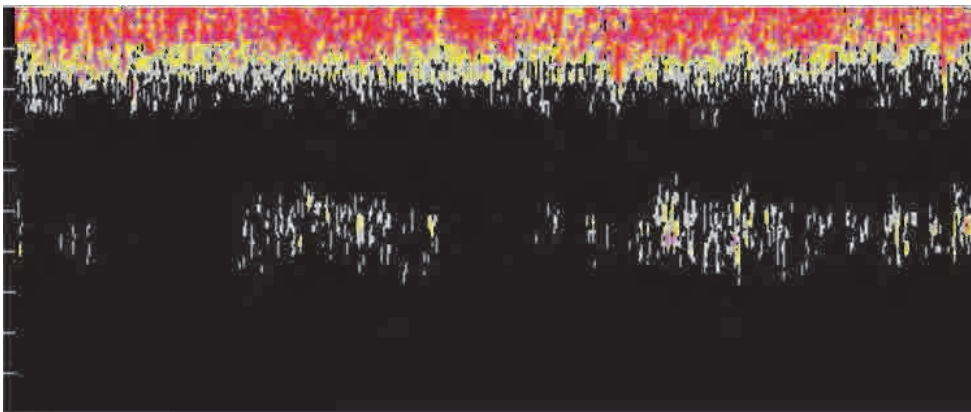


図 2.3.11 超音波探傷調査結果：デッキプレート上面の腐食エコー

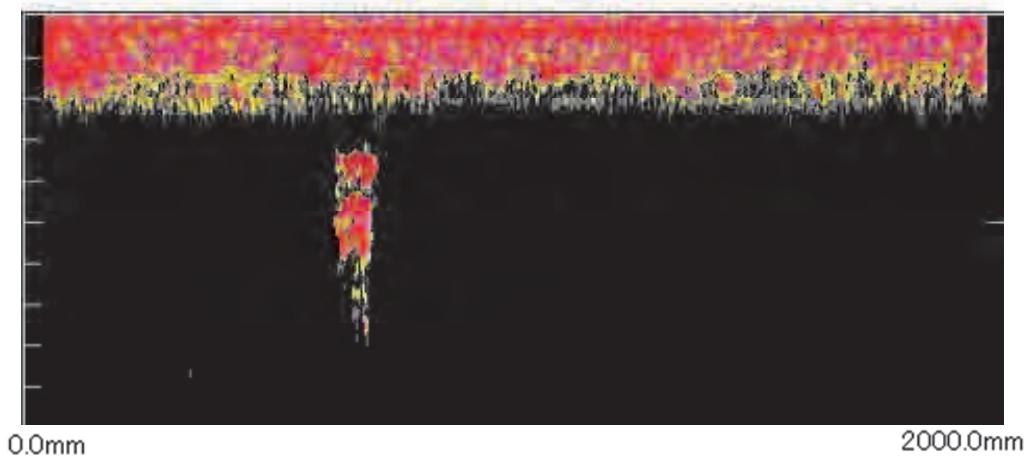


図 2.3.12 疲労亀裂表示の実例（他橋の例）

(カ) 鋼床版上面の腐食調査

- 中央より西側の南側鋼床版の以下に示す 2 箇所でデッキプレート上面の腐食分布を調査した。結果を付録に示す。
- 南側鋼床版箱桁の横リブ WTR63-1 とダイヤフラム WD64 間の 12 個の U-rib 溶接線（長さ 2m）でデッキプレート上面の腐食を調査した。
- 南側鋼床版箱桁の横リブ WTR57-2 とダイヤフラム WD58 間の 12 個の U-rib 溶接線（長さ 2m）でデッキプレート上面の腐食を調査した。

UT 調査位置

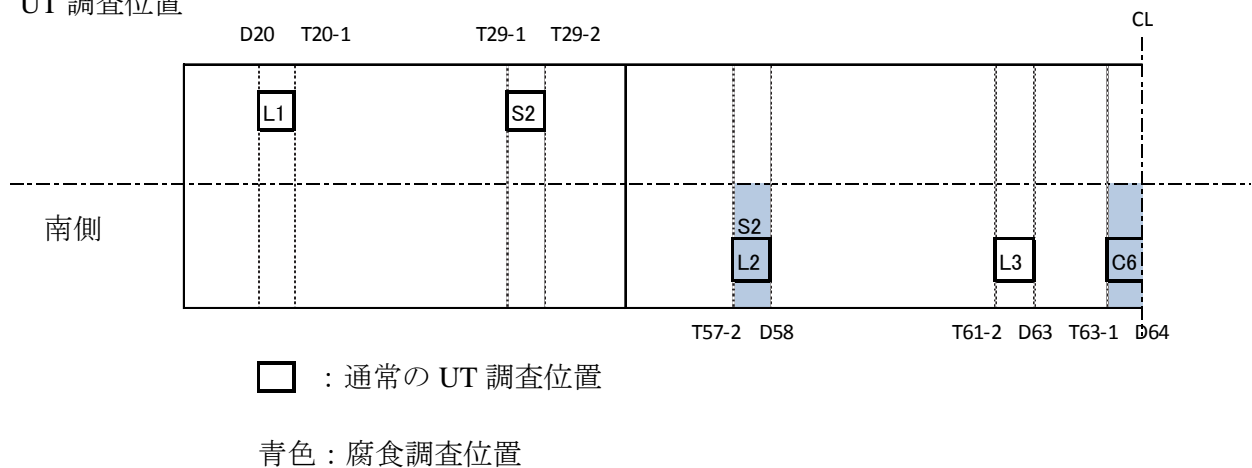


図 2.3.13 超音波探傷調査によるデッキプレート上面腐食調査位置（青色部位）

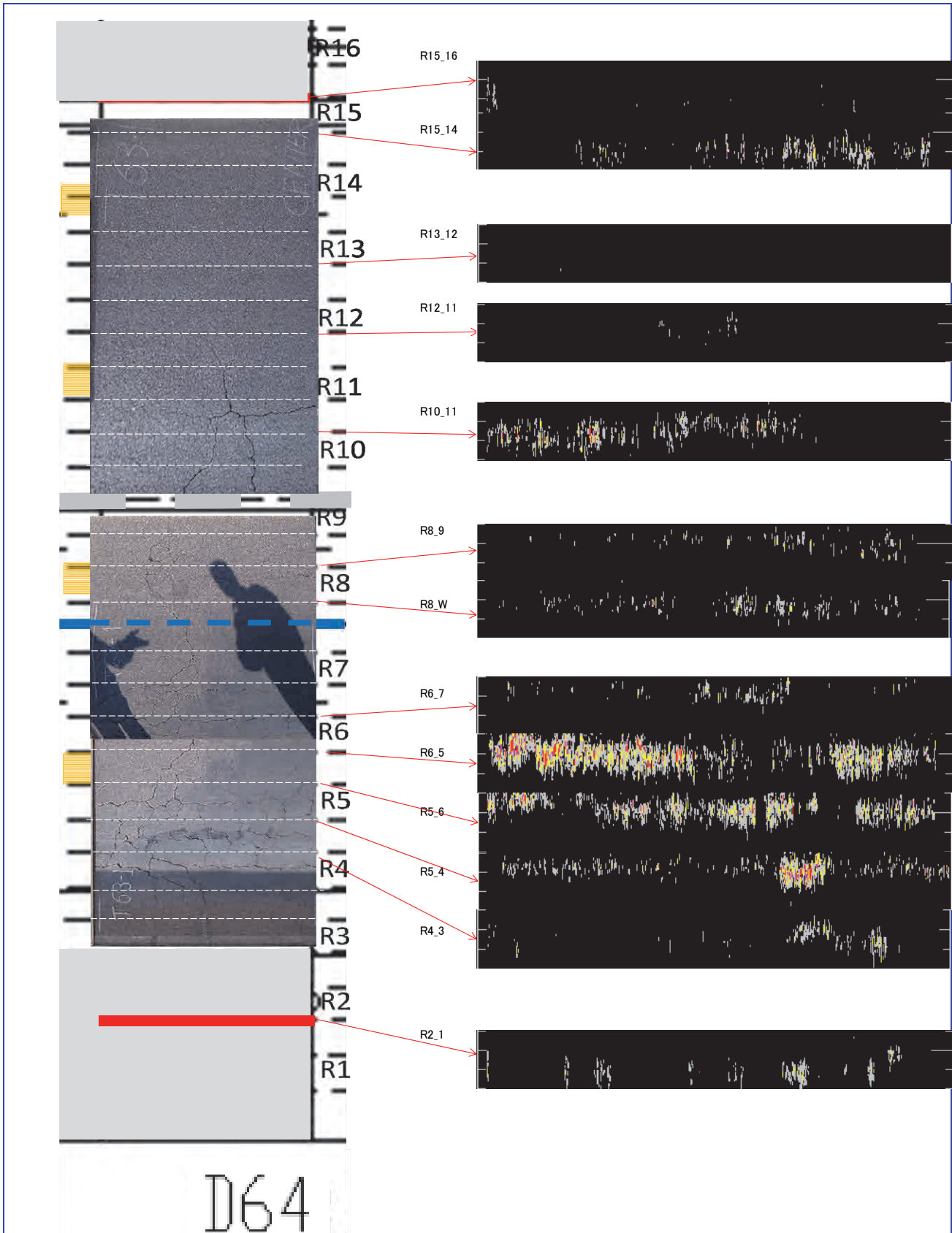


図 2.3.14 舗装亀裂位置と超音波探傷による腐食エコー (WTR63-1~WD64)

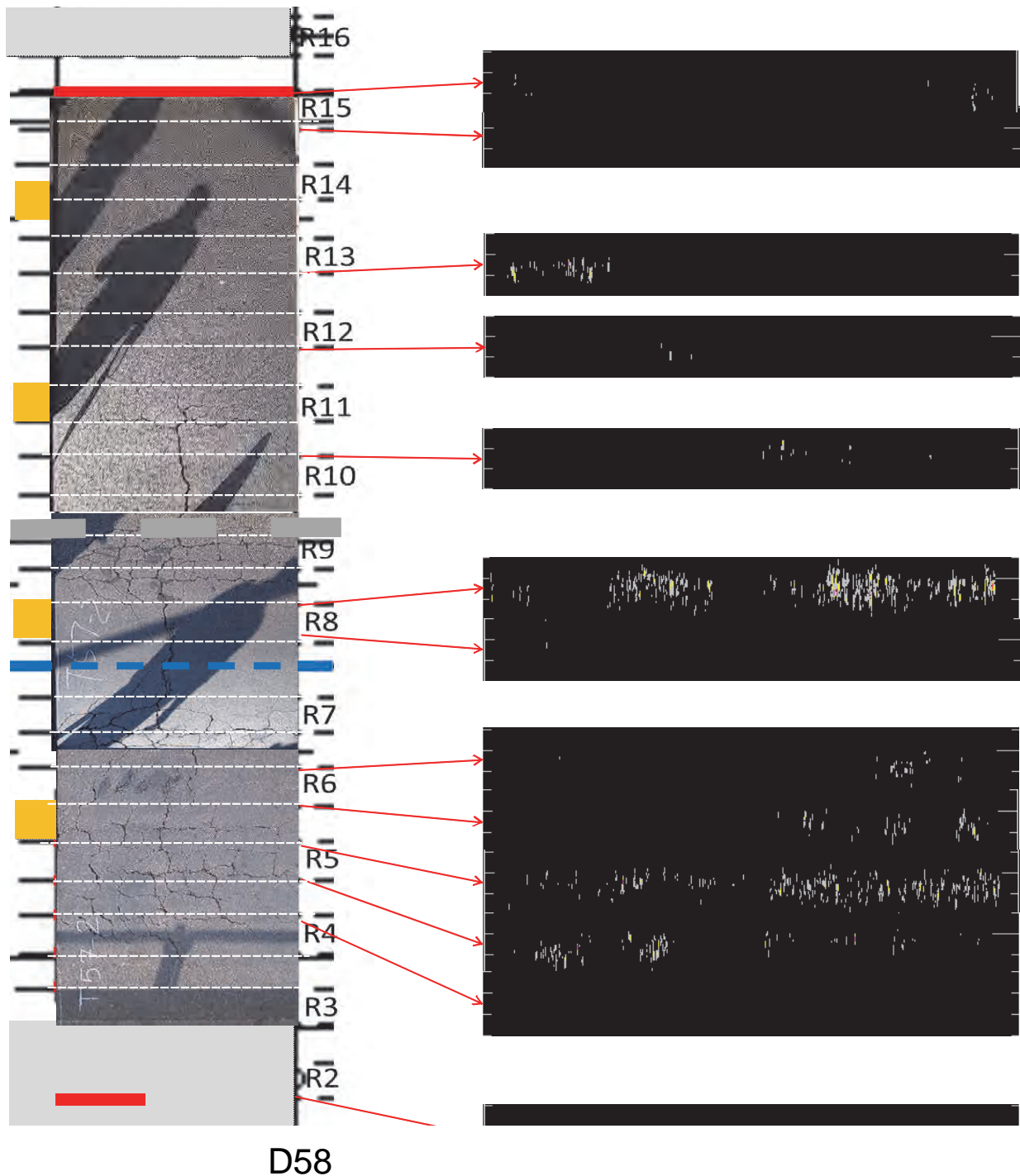


図 2.3.15 舗装亀裂位置と超音波探傷による腐食エコー (WTR57-2~WD58)

(4) 考察

- このような超音波探傷の利用により、デッキプレートを貫通するような亀裂を検出することは可能であるが、調査の結果、検出されなかった。
- デッキプレートに貫通亀裂が発生すれば、舗装の亀裂を誘発し、道路面が陥没する可能性があり、デッキプレートの貫通亀裂は走行車両に有害となる。

- 超音波探傷の利用により、鋼床版の U-rib に平行してデッキプレートの腐食分布を調査することができる。
- 調査箇所の幾つかの U-rib に平行して超音波探傷を適用することによって、図 2.3.14、図 2.3.15 に示すようにデッキプレート上面の 2 次元腐食分布が得られる。

2.3.6 リブ内部堆積物調査

(1) 調査目的

デッキプレートに亀裂が発生し、板厚方向に貫通した場合には、U-rib 内に土砂、錆、水などが堆積している可能性が高く、桁の劣化を更に早める原因となる、これら不純物の有無を調査することを目的とする。

(2) 調査方法

- 点検用ハンマーによる打音法調査は、磁粉探傷調査と超音波探傷調査が実施された 5 箇所の U-rib に対して実施した。

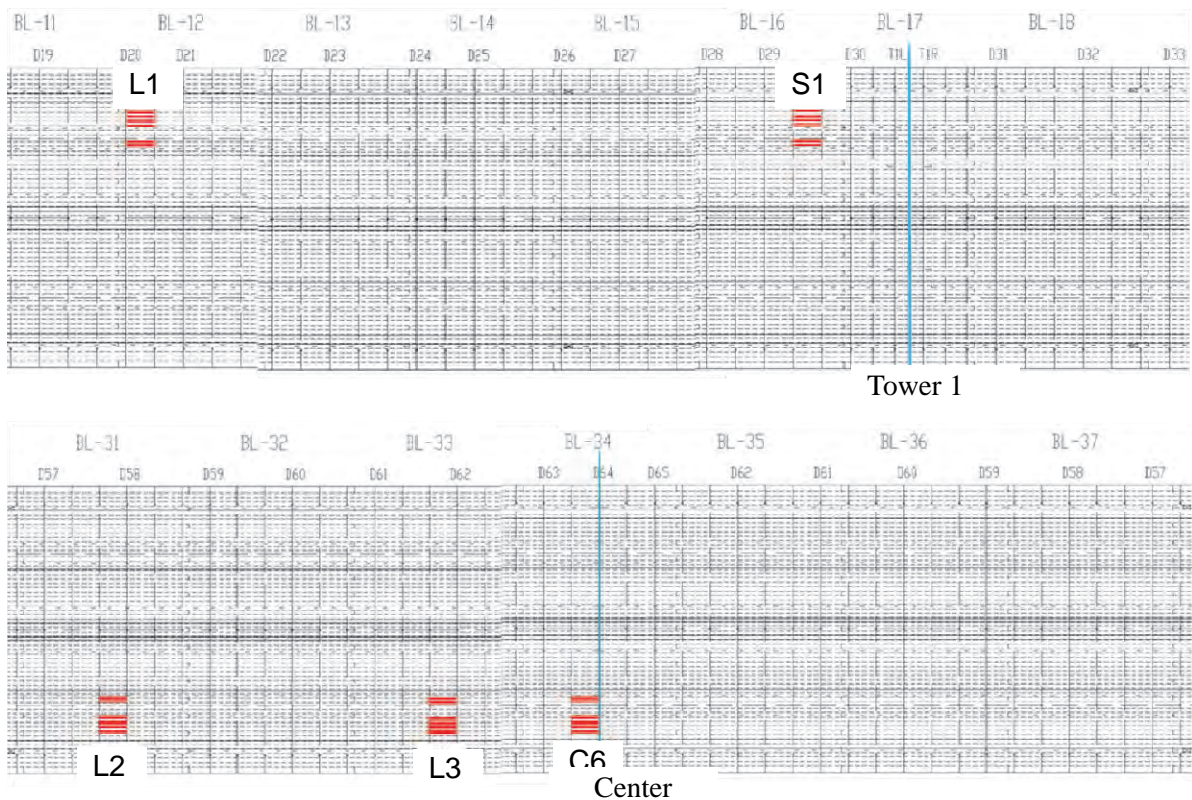


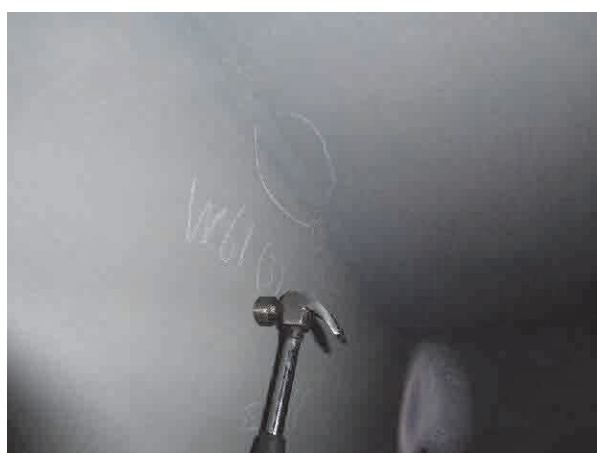
図 2.3.16 点検用ハンマーを用いた打音法による U-rib 内の堆積物調査実施位置



L1 (D20 to TR20-1 :Rib 6)



S1 (TR29-1 to TR29-2 :Rib 6)



L3 (TR61-2 to D62: Rib 5)

写真 2.3.18 点検用ハンマーを用いた打音法による U-rib 内堆積物調査状況

(3) 調査結果

- 5箇所 の U-rib に対して点検用ハンマーによる打音を確認した結果、堆積物などの異常は検出されなかった。

表 2.3.1 点検用ハンマーを用いた打音法調査結果

| 調査位置 | 点検用ハンマーによる打音 | 調査結果 |
|-----------------------------|--------------|--------------|
| L1 (D20 to D21, R3 – R7) | 通常音 | U-rib 内堆積物無し |
| S1 (TR29-1 to D30, R3 – R7) | 通常音 | U-rib 内堆積物無し |
| L2 (TR57-1 to D58, R3 – R7) | 通常音 | U-rib 内堆積物無し |
| L3 (TR61-1 to D62, R3 – R7) | 通常音 | U-rib 内堆積物無し |
| C6 (D63 to D64, R3 – R7) | 通常音 | U-rib 内堆積物無し |

(4) 考察

- 点検用ハンマーによる打音を確認した結果、U-rib 内に堆積物はなく、デッキプレートに貫通亀裂はないと推定された。

2.3.7 鋼床版内温度測定

(1) 調査目的

- 箱桁内部の塗装の経年劣化やそれに伴う錆の発生は、桁の内部環境に影響を受けやすい。そして内部環境要因の一つで、鋼材に対し影響が小さく無い環境要因として温度変化が挙げられるが、これは温度差によって桁内に結露が発生するからである。
- 本橋の鋼床版桁内部の温度を連続的に測定・記録することで温度差を把握し結露しやすい環境かどうかの判断材料を得ることを目的とする。

(2) 調査方法

- 調査期間中に、箱桁の内外で温度、湿度を測定し、整理する。測定は2011年11月29日から12月8日まで実施された。桁内の測定位置は下図に示すNO2B17で、桁外の測定位置は主塔1の水平材上である。
- GARBLTが4ヶ月間（2011年6月～10月）測定した箱桁内5箇所の温度、相対湿度データを整理する。測定位置を図2.3.17に示す。
- 本調査で使用した温度・湿度測定センサーは日本製の「Thermal Recorder」で、GARBLTが使用しているセンサーと同品質である。

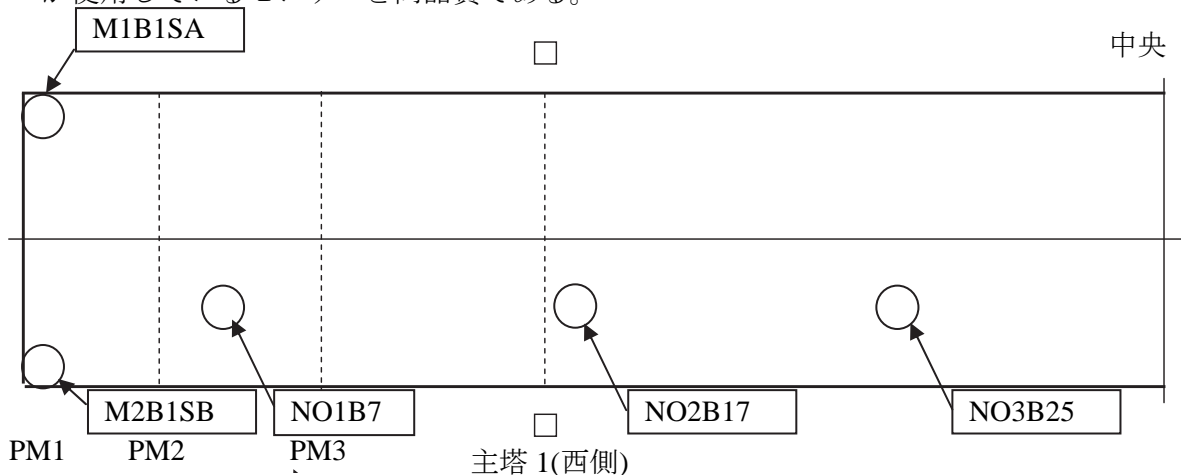
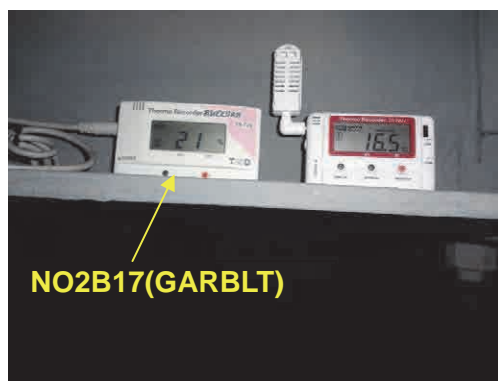


図 2.3.17 箱桁内の温度・相対湿度測定位置 (GARBLT 測定)



箱桁内



主塔1の箱桁外側（水平材上）

写真 2.3.19 温度・湿度測定センサー（調査チーム使用）



M1B1SA



NO1B7

写真 2.3.20 温度・湿度測定センサー（GARBLT 使用）

(3) 調査結果

- 調査期間中の箱桁内側温度は最大 21.5℃、最小 12.6℃、相対湿度最大は 23%であった。
- 調査期間中の箱桁外側温度は最大 20.7℃、最小 11.5℃、相対湿度最大は 99%であった。
- GARBLT が測定した箱桁内側の温度は最大 45.7℃、最小 19.3℃、相対湿度最大は 51%であった。測定期間は 2011 年 6 月から 10 月の 4 ヶ月間である。

表 2.3.2 箱桁内側の温度・相対湿度測定結果（調査チーム）

| 測定期間 (2011 年) | 最高温度着目 | | 最低温度着目 | | 最大相温度着目 | |
|------------------|----------------|---------|----------------|---------|---------|------------|
| | 温度 | 相対湿度 | 温度 | 相対湿度 | 温度 | 相対湿度 |
| 11 月 29 日-30 日 | 21.5 °C | 7 - 9% | 14.7 °C | 16% | 16.3 °C | 19% |
| 12 月 1 日-4 日 | 21.5 °C | 7 % | 15.0 °C | 13 -16% | 17.7 °C | 22% |
| 12 月 8 日-12 日 | 20.2 °C | 8 - 10% | 12.6 °C | 14% | 14.3 °C | 23% |

表 2.3.3 箱桁外側の温度・相対湿度測定結果（調査チーム）

| 測定期間 (2011 年) | 最高温度着目 | | 最低温度着目 | | 最大相温度着目 | |
|-----------------------|----------------|--------|----------------|--------|---------|------------|
| | 温度 | 相対湿度 | 温度 | 相対湿度 | 温度 | 相対湿度 |
| 11 月 30 日-12 月 1 日 | 18.4 °C | 56% | 12.1 °C | 96-98% | 13.1 °C | 99% |
| 12 月 6 日-8 日 | 20.7 °C | 35-36% | 11.5 °C | 81% | 12.0 °C | 86% |

表 2.3.4 箱桁内側の温度・相対湿度測定結果（GARBLT）

| センサー名 (2011 年 6-10 月) | 最高温度着目 | | 最低温度着目 | | 最大相温度着目 | |
|--------------------------|----------------|------|----------------|------|---------|------------|
| | 温度 | 相対湿度 | 温度 | 相対湿度 | 温度 | 相対湿度 |
| M1B1SA | 35.0 °C | 14% | 19.7 °C | 29% | 23.9 °C | 50% |
| M2B1SB | 36.3 °C | 16% | 19.9 °C | 36% | 21.1 °C | 51% |
| NO1B7 | 45.7 °C | 6 % | 19.3 °C | 34% | 20.3 °C | 39% |
| NO2B17 | 42.0 °C | 9 % | 20.3 °C | 19% | 21.4 °C | 25% |
| NO3B25 | 44.8 °C | 5 % | 19.9 °C | 18% | 24.8 °C | 23% |

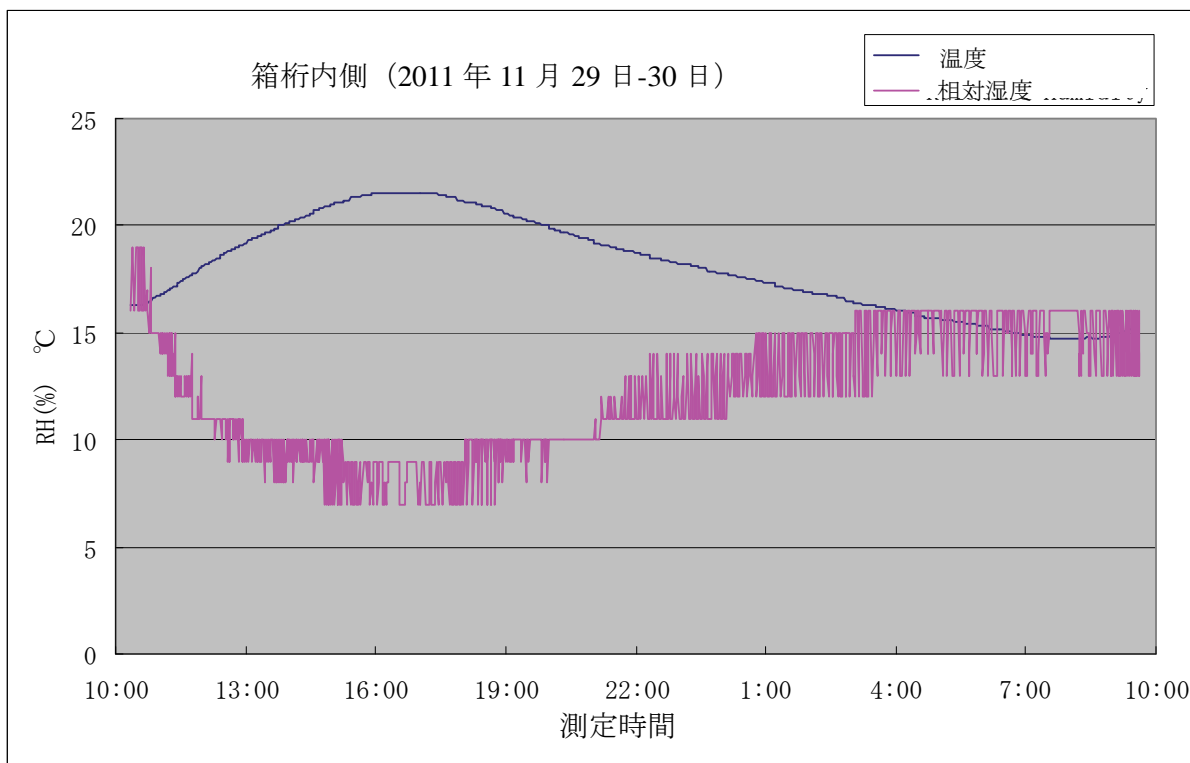


図 2.3.18 温度・相対湿度データ(調査チーム)：箱桁内側 (2011.11.29- 30)

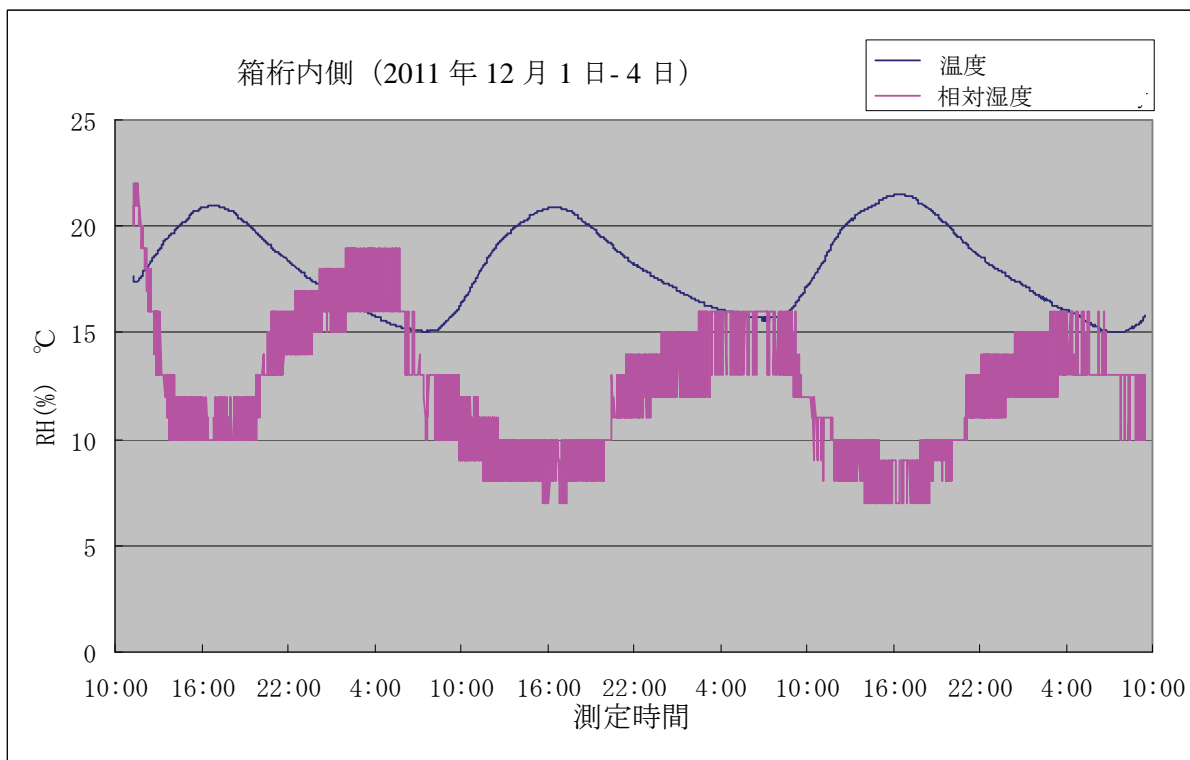


図 2.3.19 温度・相対湿度データ(調査チーム)：箱桁内側 (2011.12.1 - 4)

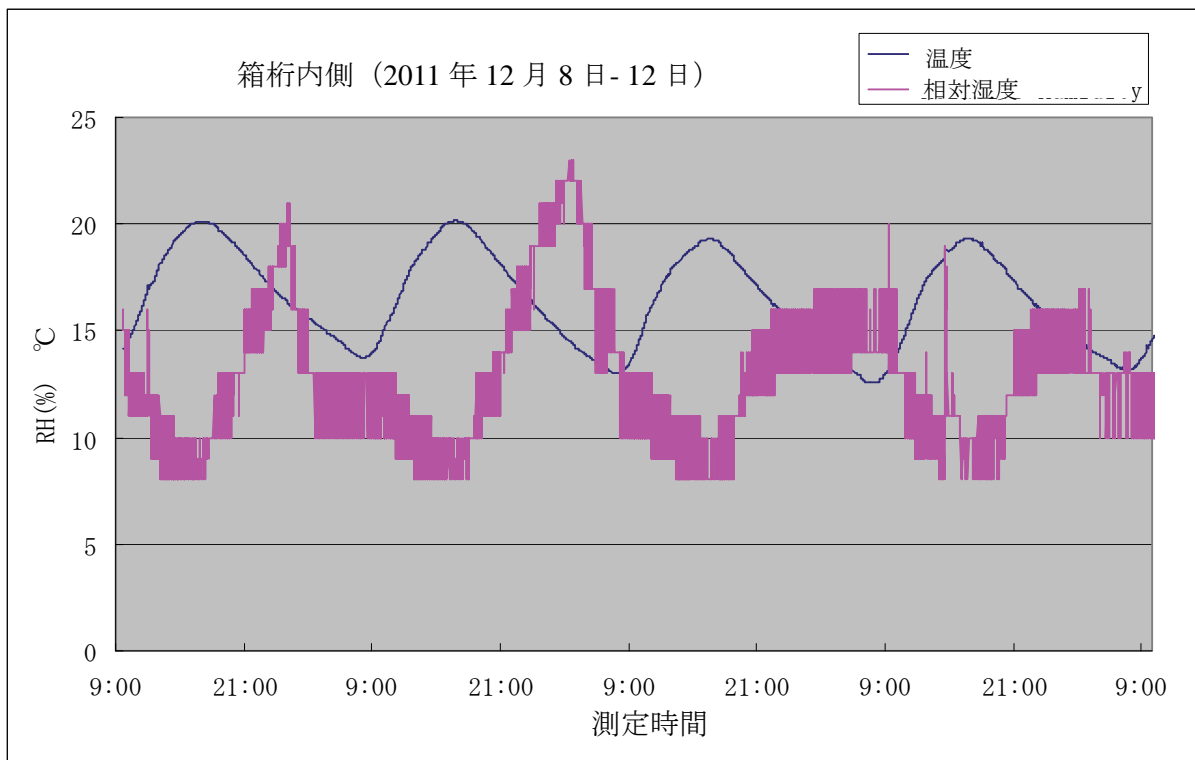


図 2.3.20 温度・相対湿度データ(調査チーム)：箱桁内側 (2011.12.8 - 12)

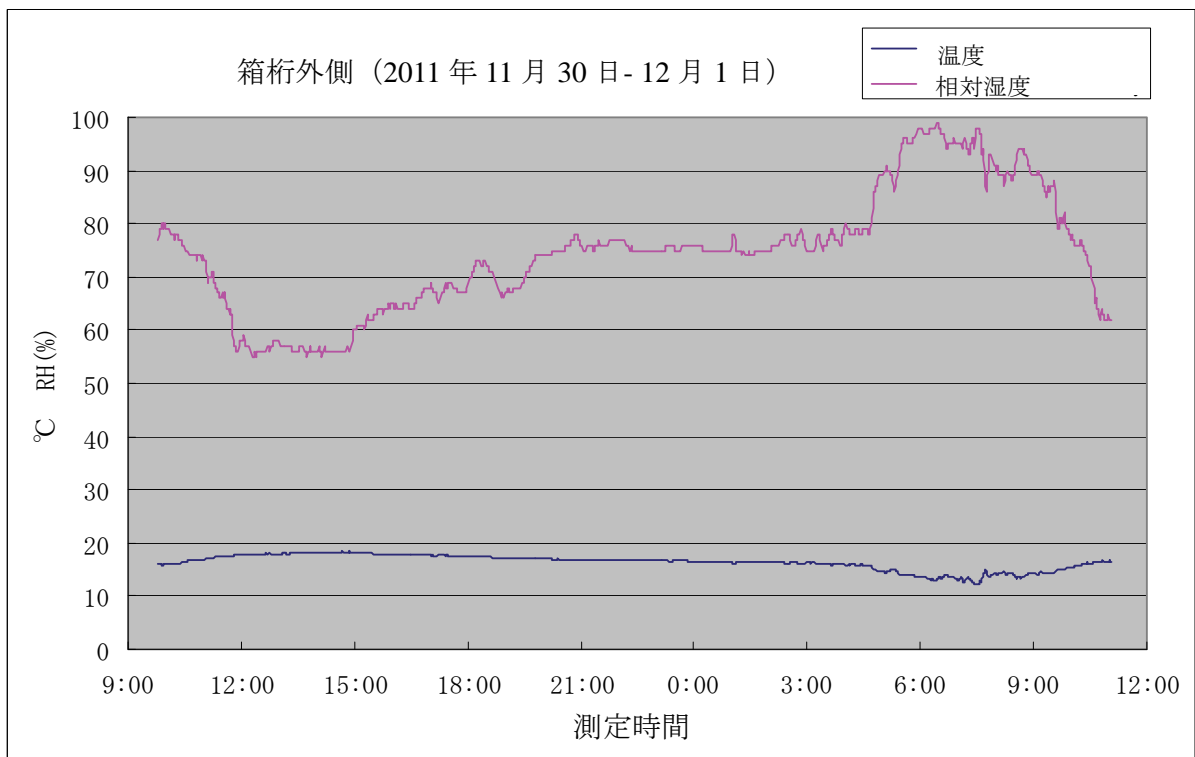


図 2.3.21 温度・相対湿度データ(調査チーム)：箱桁外側 (2011.11.30 - 12.1)

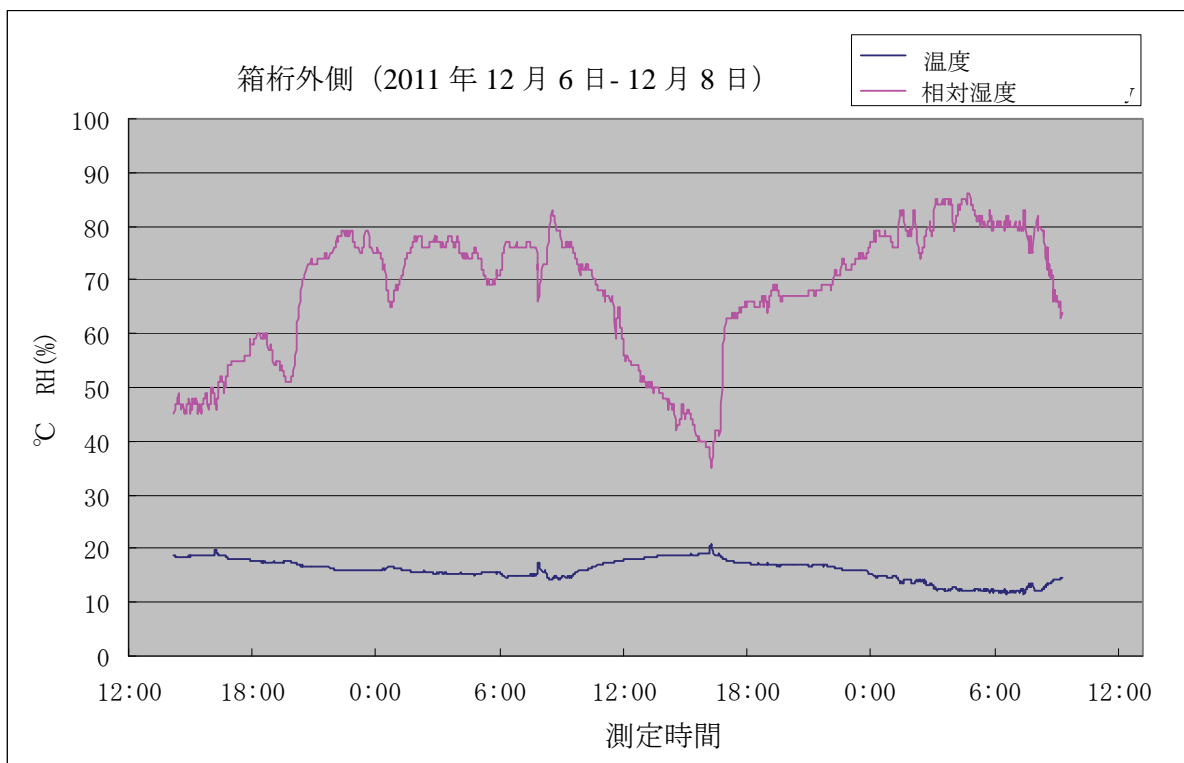


図 2.3.22 温度・相対湿度データ(調査チーム)：箱桁外側 (2011.12.6 - 12.8)

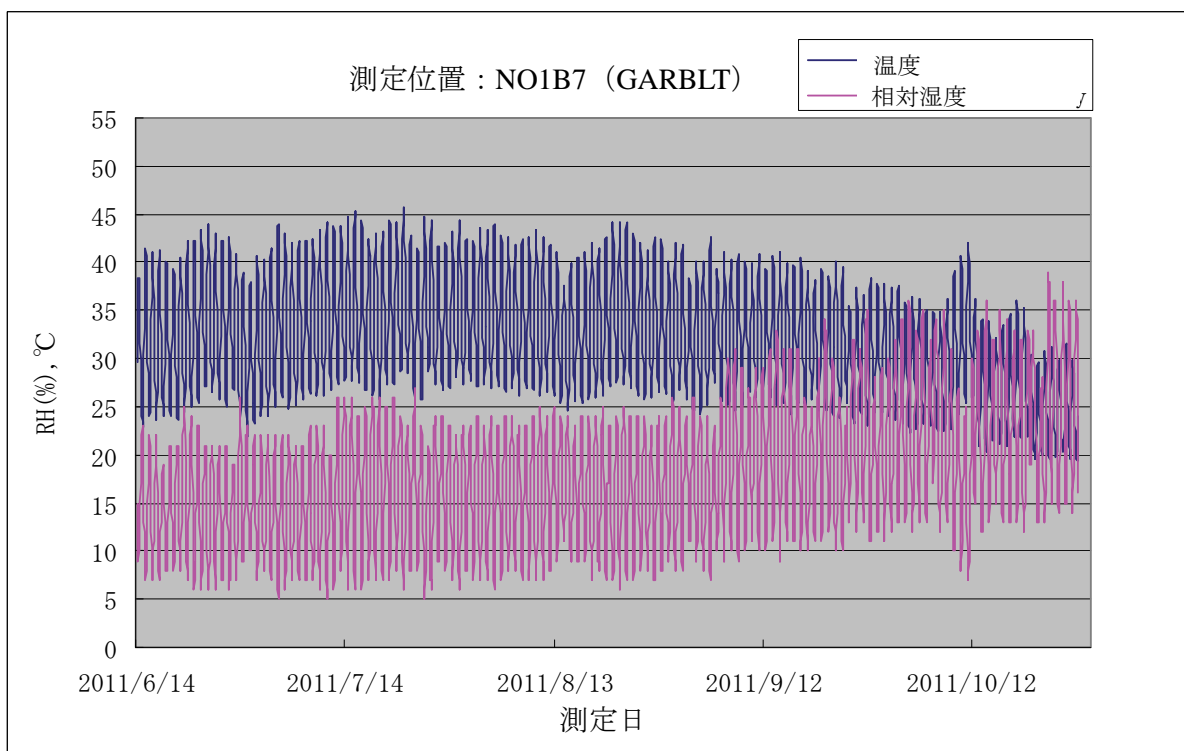


図 2.3.23 測定位置 NO1B7 の温度・相対湿度データ (GARBLT)

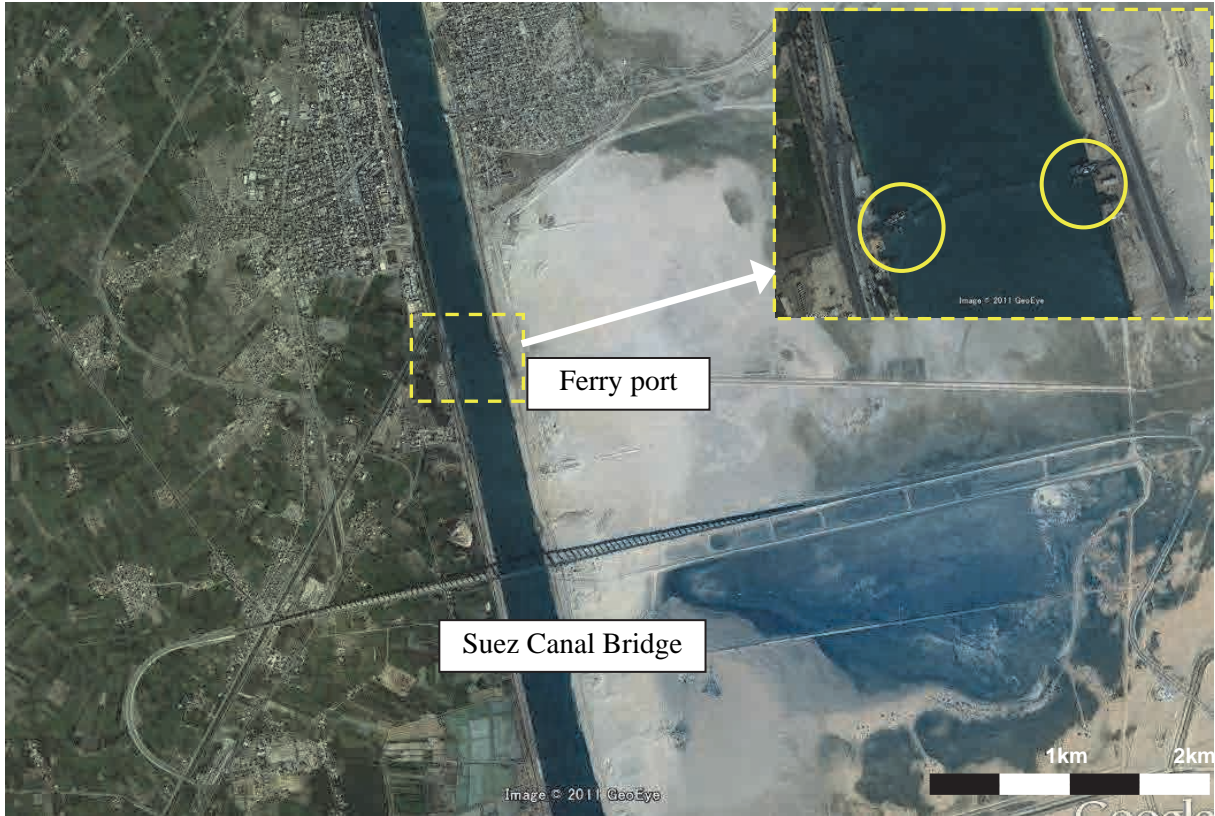
(4) 考察

- 年間で最低気温を示す12月に測定した箱桁の内外の温度は12℃から22℃で、温度差はほとんどなく、箱桁内の相対湿度も23%以下であることから、桁内で結露が発生する可能性はない。
- 2011年に測定された箱桁内の相対湿度最大は51%で、錆の発生の目安とされる60%以下で、箱桁内の腐食が進行する可能性はない。

2.4 交通状況と軸重制限

2.4.1 交通状況

本地点において、スエズ運河を渡河できる手段は、スエズ運河橋と車両積載可能なフェリーによる移動（無料）の2通りあった。



出典 Source: Google earth

図 2.4.1 スエズ運河の渡河ポイント

フェリーポートにおいては以下の通り、大型車両が列を作って順番待ちをしている状況であった。



西側



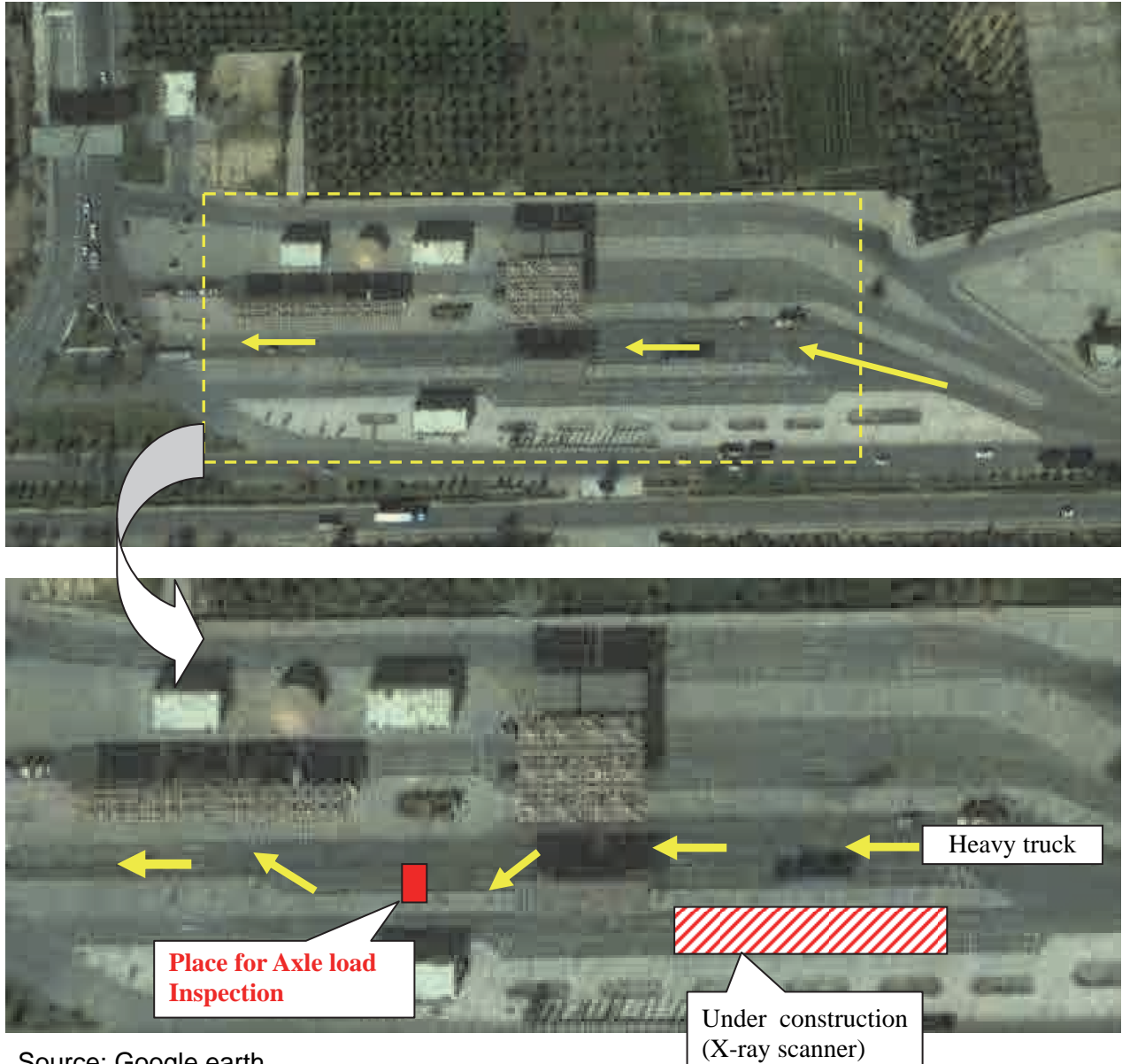
東側

写真 2.4.1 両岸の港の渋滞状況

2.4.2 軸重制限

2002年9月以降、本橋の通過車両の軸重は13t以下に制限された。軸重超過の可能性のある車両は料金所敷地内の専用レーンに設置された軸重計で測定され、超過車両は本橋北側のフェリーポートへと誘導される。

(1) 現在軸重検査のために使用されているレーン（西側入口）



Source: Google earth

図 2.4.2 現在軸重検査のために使用されているレーン（西側入口）

(2) 軸重検査状況と計測器具



写真 2.4.2 軸重検査状況と計測用踏板

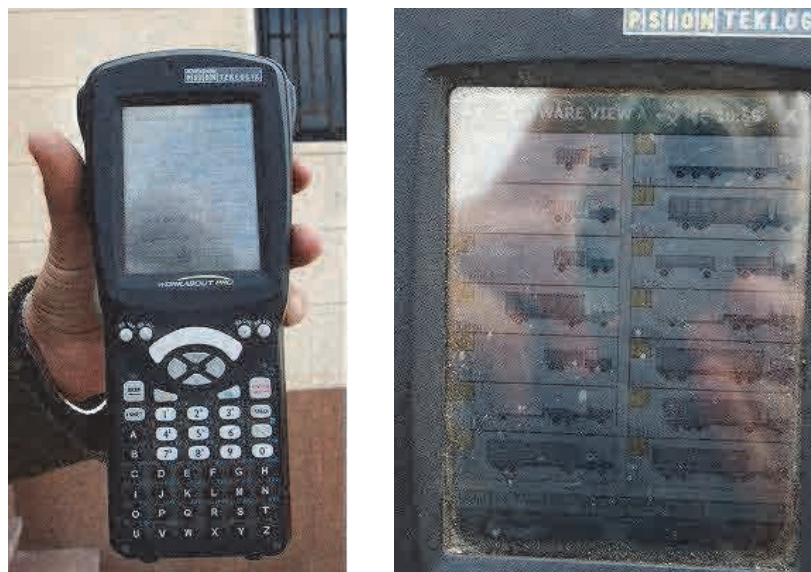
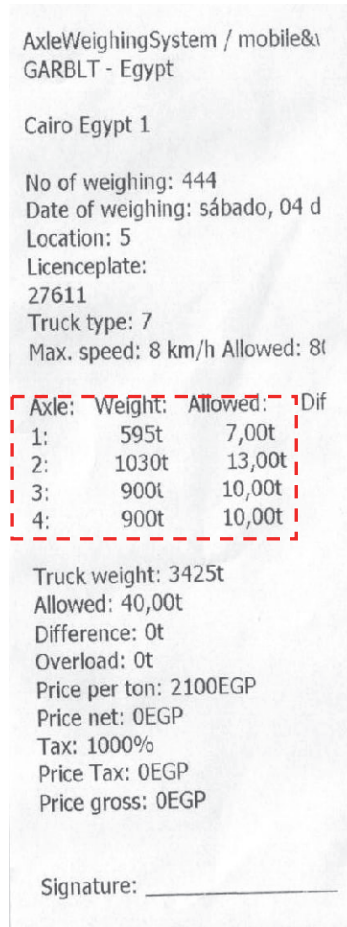


写真 2.4.3 軸重計測器具のコントローラー



写真 2.4.4 軸重計のプリンター



| Result | |
|-----------|--------------------------|
| 1st Axle: | 5.95 t < 7.00 t ----O.K |
| 2nd Axle: | 10.3 t < 13.00 t ----O.K |
| 3rd Axle: | 9.00 t < 10.00 t ----O.K |
| 2nd Axle: | 9.00 t < 10.00 t ----O.K |

図 2.4.3 軸重検査結果の印字サンプル

(3) GARBLT による軸重制限の現状

- 軸重計測は一時的にポータブルの計測器具を用い、路肩に車両を誘導して実施している（軸重計のある専用レーンは、荷物検査用のX線検査機が施工中であるため閉鎖している）
- 3名のGARBLTスタッフでモニタリングを実施している（24時間/2交代制）。
- 1回の軸重検査にかかる時間は3～5分程度であった（手馴れている）。
- 東側（シナイ半島）の入口でも西側と同様の体制で実施している。
- 常駐するGARBLT職員からの聞き取りによると、東側から西側へ向かう車両の方が、西側から東側へ向かう車両より重い荷物を運搬する車両が多いということであった。2003年11月の「瑕疵検査報告書」では、北側の走行車線に舗装クラック多く発生していたと報告されており、この点では一致する。しかし、現在は南側の走行車線に最も多くクラックが発生している（これについては別の理由が考えられる）。

(4) 考察

- 軸重計測を実施する車両はGARBLT職員の判断によって選定されるが、実際に彼らの車両選定と検査を長時間立ち会って確認した限り、過積載に近い車両を見分けるスキルが身についていると感じられた。

- GARBLT 職員への聞き取りによると、最近、スエズ運河橋に進入しようとする過積載車両は少ない傾向にある。それは、軸重検査は長く実施してきたことによる成果と考えられる（ドライバーがフェリーの利用を心掛けている）
- スエズ運河橋の大型車両の通行料は 10 ポンドであることから料金抵抗により進入してこないということも考えられる（フェリーは無料）。
- 荷物検査用の X 線検査機が稼動開始すると、常設の軸重計の上を車両は走行できるので、軸重監視は現在よりスムーズになると想定される。
- 荷物検査用の X 線検査機が稼動開始後の軸重レーンは下図の通りである。

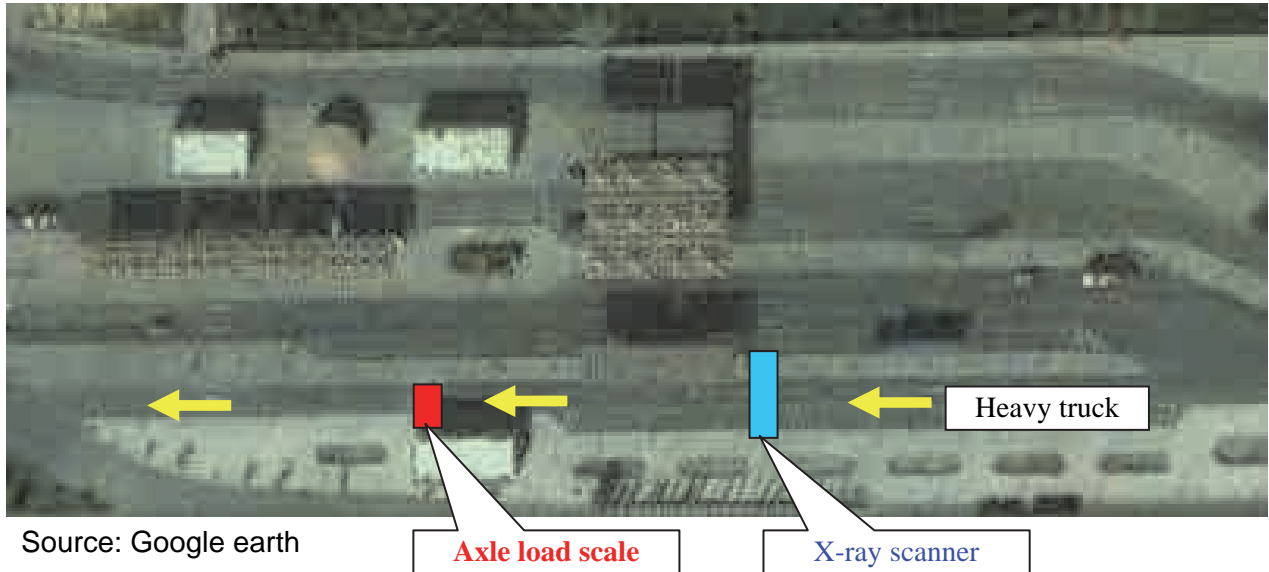


図 2.4.4 X線検査機稼動後の軸重レーン



写真 2.4.5 軸重検査用レーン（西側）

2.5 形状図調査・一般図作成

本橋の一般図を竣工図に基づき準備し、現地で所要寸法を確認した。以下に主要図面を示す。

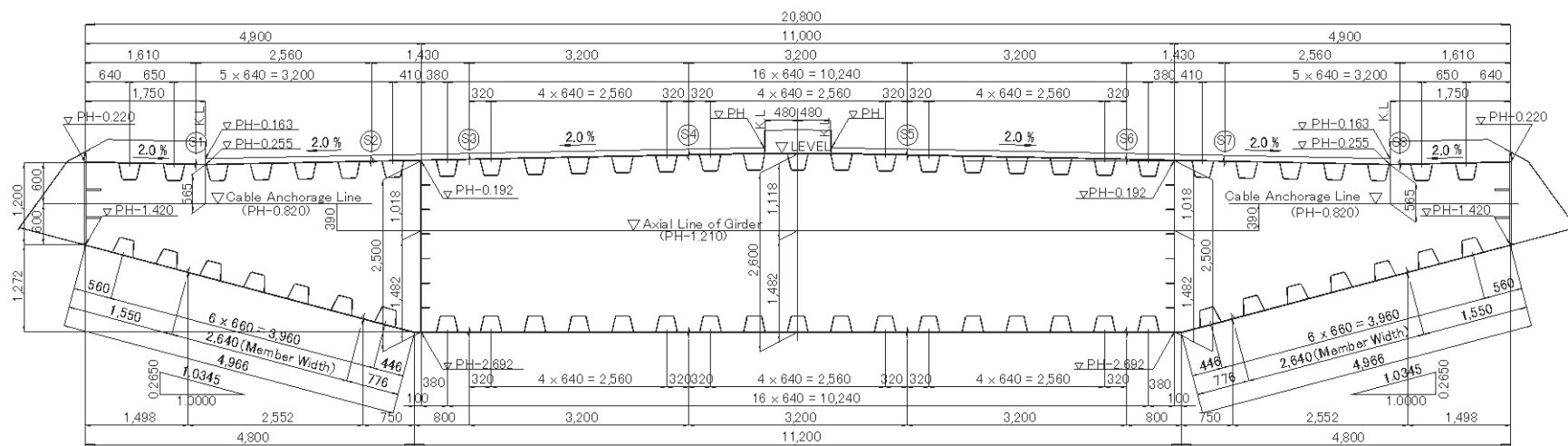


図 2.5.2 箱桁標準断面図

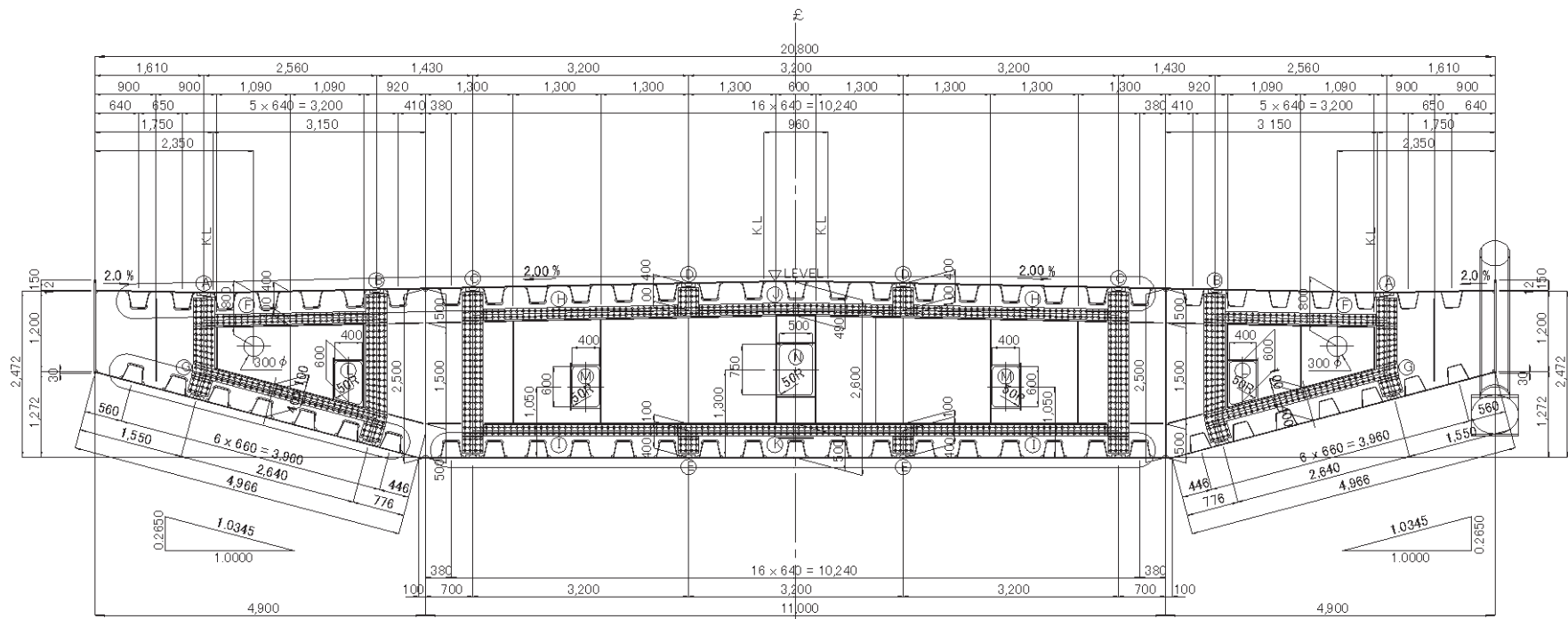


図 2.5.3 箱桁標準ダイヤフラム

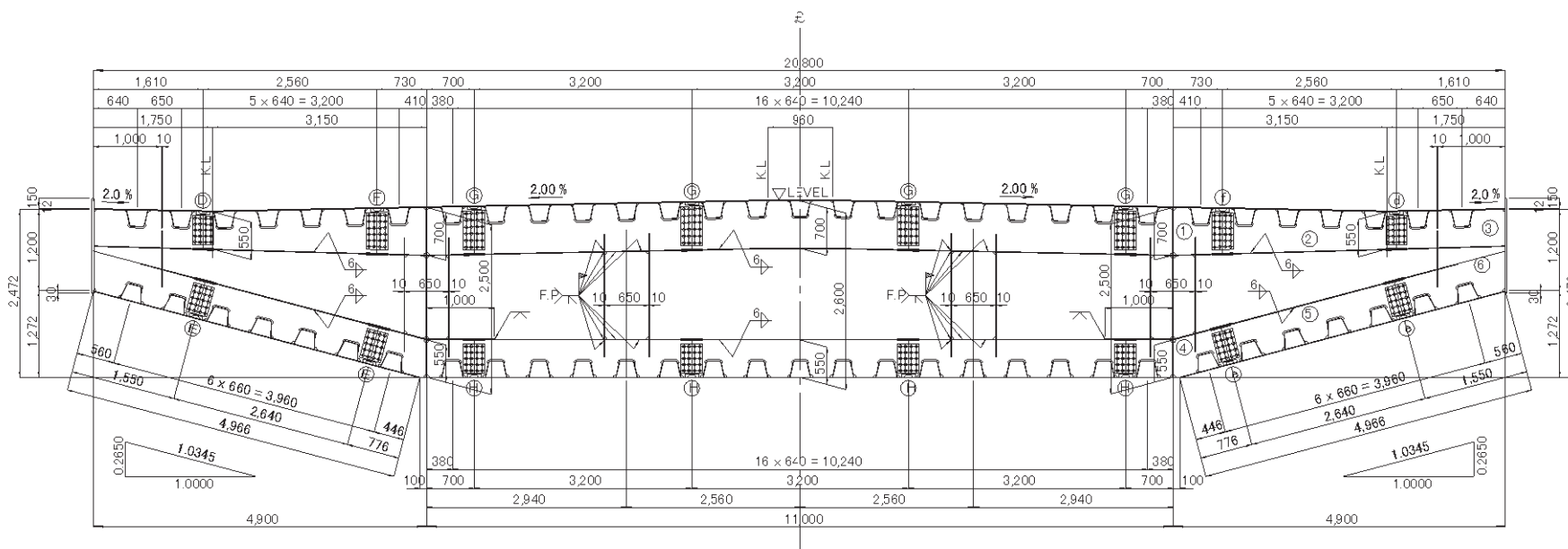


図 2.5.4 箱桁標準横リブ

2.6 損傷原因

2001年10月の本橋開通の後、翌年2002年5月には、運河を渡る唯一の交通機関であったフェリーの運行が中断された。その後ほどなくして西向き車線舗装の橋軸方向にひび割れが発見された。フェリー運行が中断した結果、本橋を通過する重車両交通量が急激に増加し、これが最初にクラックを発生させたと思われる。

その後、施工業者がクラックに補修材を充填する補修工を実施し（2002年7月）、また瑕疵担保期間は1年間延長された。そして、橋梁通過の軸重制限も17tから13tに強化され（2002年9月）、フェリー運行も再開された（2003年1月）。

2003年3月には瑕疵担保終了時の舗装検査が実施され、コンサルタントからクラックについての解析レポートがGARBLTに提出された。このレポートによると、過積載車輛の通過がクラックを発生させたと推測されることが報告されている。また、軸重制限の継続と今後の適切なメンテナンスを実施することによって、再舗装工事をすること無しに、橋梁の健全性を保つことが可能であることが報告されており、これについてGARBLTも了承した。また、2006年までの3年間の間に必要と考えられる補修材料がコントラクターから支給され、瑕疵期間終了後は、GARBLTが補修作業を実施することとなった。

その後GARBLTは年1回ペースでクラック補修を継続し、支給材料が無くなった後は多種の補修材を購入・注入作業を行ったが十分な効果は見られず、反してクラックは成長する傾向にあった。

瑕疵担保期間終了後にGARBLTによって継続的にヘアークラックに対する補修工事が実施された。このヘアークラックは本橋開通直後の荷重制限が行われない状況下で、過積載車輛の通過により発生したものと思われる。その後、補修作業は実施されたが、常温ミックスタイプの補修材料を使用していたため、クラック内への充填性や付着性の面で十分な効果が期待出来ない方法であったため、クラックの幅と深さが更に発達してしまった。さらにこれらクラックに雨水が浸透し接着層の防水機能を損ね、接着層の劣化がさらにクラックの発達を招いたと推測される。

同様に、鋼床版の錆についても、上記のように効果の不十分な舗装補修作業の実施により、クラックが発達し錆発生の原因となった。すなわち雨水が接着層まで浸透し劣化を招き、防水層としての機能も損ねたため鋼床版上面に孔状の錆が発生したと推測される。

2.7 調達事情・積算関連調査及び工事発注手続き

2.7.1 エジプト国内の建設会社の状況

エジプト国における建設業者は、その規模、実績等により、クラス1～7に分類される。

大手建設会社といわれるクラス1に分類されかつ道路・橋梁分野の工事实績がある建設業者数は13社ある。本橋の舗装補修工事については工事規模、技術的難易度を勘案し、クラス1の建設会社を想定した入札要件の設定が必要である。

一方、（第5章 補修計画）で選定した補修工法（グースアスファルト基層工+密粒度改質アスファルト表層工基層）については、エジプト国内での施工実績は無くエジプト建設業者

に施工ノウハウが備わっていない状況である。的確な工事の実施と品質確保のためには、グースアスファルト工法の技術蓄積のある日本やドイツからの技術支援が必要と考えられる。

2.7.2 調達事情・積算関連調査

選定した補修工法の主要材料の調達状況を以下に示す。

- ・ アスファルト混合物用の骨材（砕石）、砂、石粉等の材料は流通性が有り現地の商社や施工業者からの購入が容易である。
- ・ ストレートアスファルト（60/70）は現地の石油生成物を扱っている商社からの購入が容易である。ただし、グースアスファルトに使用するストレートアスファルト（40/20）は現地では生産・流通していないため輸入となる。
- ・ トリニダットレイクアスファルト（TLA）は中米カリブ海の英連邦内の独立国トリニダード・トバゴ共和国内のトリニダット島に産する天然アスファルトであり、グースアスファルト混合物を製造するには不可欠であるが、エジプト国内では流通していないため輸入となる。
- ・ タックコート用アスファルト乳剤についてはエジプトではカットバックアスファルトが一般的であり流通性がある。
- ・ 表層は鋼床版舗装に適した密粒度改質アスファルトとするが、改質剤はエジプト国内では流通していないため日本などからの輸入となる。
- ・ グースアスファルト用の接着層に使用する加熱型瀝青ゴム系接着材は、エジプト国内では流通していないため輸入となる。

建設機械については、汎用性のある機械はエジプト国内での調達が可能であるが、ショットブラストとグースアスファルト施工用の建設機械は日本からの調達が必要となる。

2.7.3 工事発注手続き

2011年1月の政変の後、2012年5月には新大統領選挙が実施されたが、主要財源である観光収入の激減等により、エジプト国の財政状況は厳しさを増し、道路建設や改修に充当できる財源の確保が厳しい状況が続いている。しかし、スエズ運河を渡河する本橋の、既存交通インフラとしての重要性については、政府と関連機関も十分に認識しており、改修工事の早期実施を目指している。

調査団による改修工法選定、概略事業費・入札図書（案）の提出を受け、GARBLTは2013年・年頭からエジプト国内建設業者を対象とする工事入札に係わる準備を開始し、早ければ当年前半中に工事発注を目標とする意向を示している。