

コンピュータによる塗膜診断

(社)日本鋼橋塗装専門会
伊藤 貴 広

1. はじめに

近年、あらゆる公共事業にコスト低減が求められている。鋼橋塗装工事業においても初期(架設)、維持管理(塗替え)、架け替えにかかるコスト全てを考慮したライフサイクルコスト(LCC)の低減が求められており、施工技術の開発及び施工管理の向上等による品質の向上に努めている。年々鋼道路橋が増え、その維持管理費が増加している現在、施工品質の向上による塗替え周期の延長を図ることは重要なことである。また、鋼橋のLCCで重要視しなければならないのが架け替えによるコストである。架け替えに要するコストは大きいいため、これを低減することでLCCの低減を図ることが可能と考える。そのためには適切な維持管理(塗替え時期、方法等)及び塗装を中心とした防食による橋の長寿命化を図る必要がある。

鋼橋塗装において塗替え塗装(補修塗装)までの期間が長いほど維持管理にかかるコストが少なくなる。しかし、塗膜劣化が進行してしまうと塗装前処理の費用も大きくなると共に腐食による構造物自体の寿命も短くなる恐れがあり、維持管理及び架け替えコストが増大する。そこで、橋の定期点検を行い、適切な塗替え塗装計画・施工することにより、維持管理コスト及び架け替えコストの低減によるLCCの低減を図ることが可能と考える。

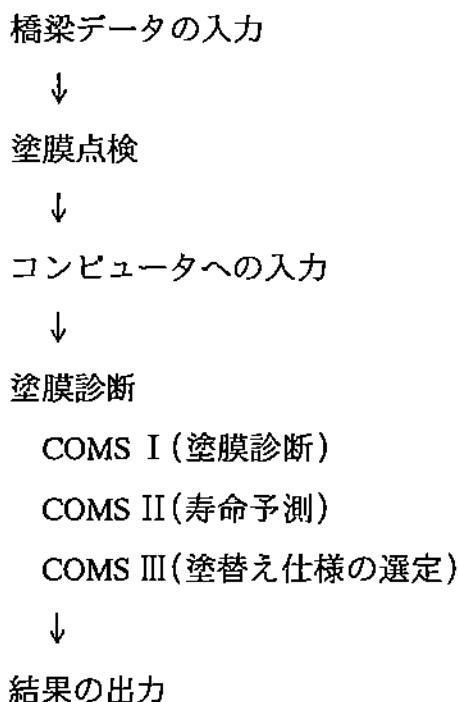
(社)日本鋼橋塗装専門会では建設省土木研究所で平成2年度に官民共同研究により開発・発表した「コンピュータを利用する塗膜診断システム(COMS)」の活用し、適切な塗替え周期及び方法(塗装仕様等)を提案するため、このシステムの再開発を行うとともに、今後の活用方法についても検討した。

2. システムの概要

開発されたシステムは dBASE-III Plus という言語で作成されており、現在多用されているパソコンでは扱いが困難であるため、マイクロソフト社製データベースソフト「Access」に変換した。

本システムは鋼橋塗装の維持管理を合理的かつ効率的に行うために塗料や塗装に関する知識や経験のあまりない管理者でも標準写真と対比させることによって点検が容易にでき、得られた点検データをコンピューターに入力することによって、鋼橋塗膜劣化の診断と効果的な塗替え時期の判定を行い、塗膜の残存寿命を予測し、適切な塗替え仕様を選定することが可能である。

システムの概要は以下のようである。また、塗膜診断は塗膜劣化診断システム(COMS - I)、塗膜寿命予測システム(COMS - II)及び塗替え塗装仕様選定システム(COMS - III)からなる。



2.1 橋梁データの入力

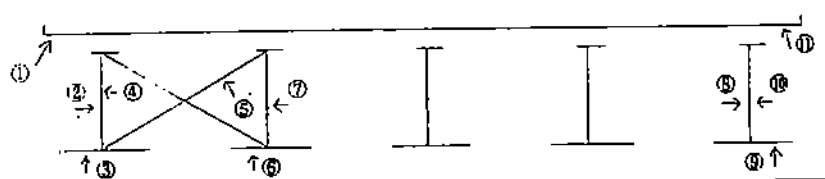
対象橋梁の諸元、塗装履歴等の塗膜診断に必要なデータを入力する。入力したデータはコンピュータ内に保存され、次回塗膜点検時にはコード番号を入力することによ

り橋梁の諸元、塗装履歴、塗膜状態等を確認できる。

2.2 塗膜点検

塗膜点検は目視(双眼鏡併用)により、部位(部材)ごとにさび、はがれ、汚れ、変退色について評価し、結果を以下の塗膜調査票に記入する。

表-1 塗膜調査票の例(钣桁)

| 橋梁点検票 (钣桁) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|-------|--|-------|---------|---------|------------------------|--------|-----|-----|----------|----|----|---------|--------------------|--|--------|----|-------|-------|--|
| 名称 | | コードNo. | | | 路線名 | | | 地建名 | | | | | | | | | | | | |
| 工事事務所 | | | | 出張所 | | | | 調査日 | | 平成 年 月 日 | | | | | | | | | | |
| 所在地 | | 自： | | 至： | | | | | | 天候 | | | | | | | | | | |
| 構造 | | 鋼反斜行 | | 環境 | | 海上、海岸、都市、田園、山間、その他 () | | | | | | | 調査者 | | | | | | | |
| 項目 | 部位 | | ① | ② | | ③ | | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ | ⑨ | | ⑩ | ⑪ | | | | |
| | 鋼床版裏面 | 腹板 | 係接部腹板 | 下フランジ下面 | 係接部フランジ | 端部 外側 | 支承 起点側 | 腹板 | 対傾構 | 下フランジ下面 | 腹板 | 腹板 | 下フランジ下面 | 係接部フランジ | 端部 外側 | 支承 起点側 | 腹板 | 係接部腹板 | 鋼床版裏面 | |
| 第 1 区間 | さび | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | はがれ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 変退色 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 汚れ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 第 2 区間 | さび | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | はがれ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 変退色 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 汚れ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 特記事項 | | | | | | | | | | | | | | 記入するときは注意部位は-を記入する | | | | | | |
| 調査位置 | |  | | | | | | | | | | | | | <ul style="list-style-type: none"> ・ 終点を向いて左側から①②③とする。 ・ ⑥⑦は、①②④の隅の桁を観察する。 | | | | | |

さび、はがれの評価は「塗膜劣化度標準写真帳」により、表-2の基準により5段階評価で行う。塗膜劣化度標準写真帳の例を以下に示す。また、汚れ、変退色については表-3、4に示す基準(4段階)により官能的に評価する。

表-2 さび、はがれの評価基準

| 評価点 | 劣化度基準 | 劣化状態 |
|-----|-------|---------|
| 1 | 評価1 | 健全である |
| 2 | 評価2 | ほぼ健全である |
| 3 | 評価3 | 劣化がある |
| 4 | 評価4 | 劣化が大きい |
| 5 | 評価5 | 劣化が著しい |

表-3 汚れの評価基準

| 評価点 | 判定基準 |
|-----|-------------|
| 1 | 汚れはほとんどない |
| 2 | やや汚れが見られる |
| 3 | 中程度の汚れが見られる |
| 4 | 著しい汚れが見られる |

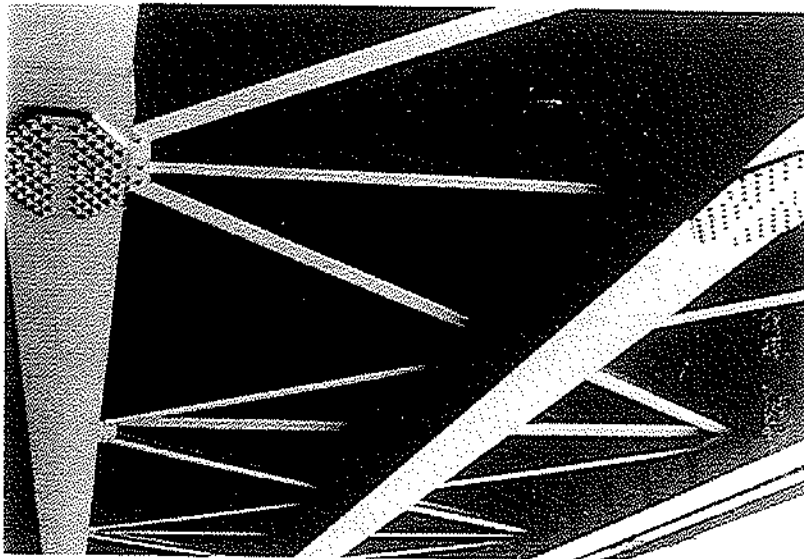
表-4 変退色の評価基準

| 評価点 | 判定基準 |
|-----|---------------------|
| 1 | 初期と比べてほとんど変化が認められない |
| 2 | 初期と比べ変化が認められる |
| 3 | 初期と比べ明らかな変化が認められる |
| 4 | 初期の色をほとんどとどめていない |

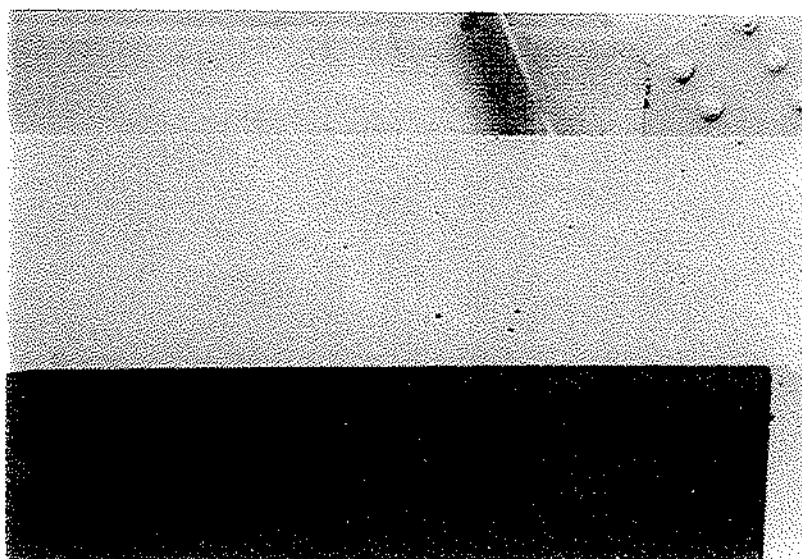
2.3 コンピュータへの入力

塗膜調査票に記入したデータをコンピュータへ入力し診断する。なお、入力されたデータはコンピュータ内に蓄積される。

塗膜劣化度標準写真帳 (例)
(さび：鋅桁下フランジ下面)



評価 1

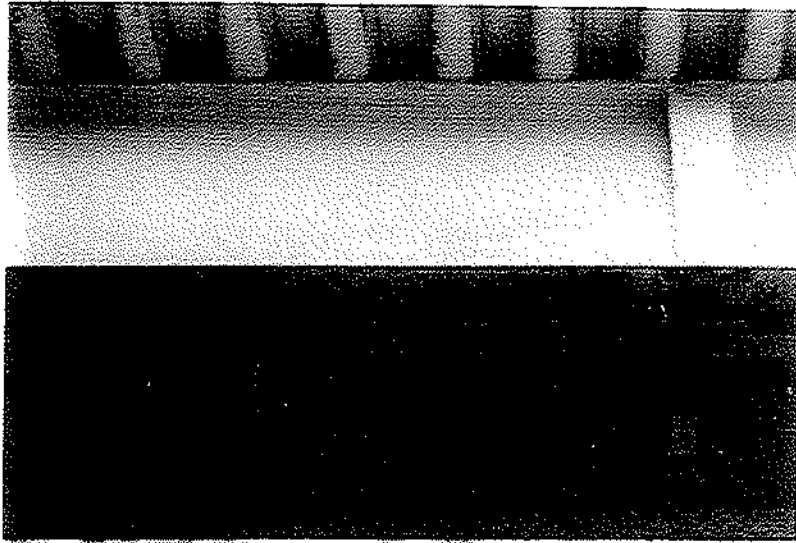


評価 2

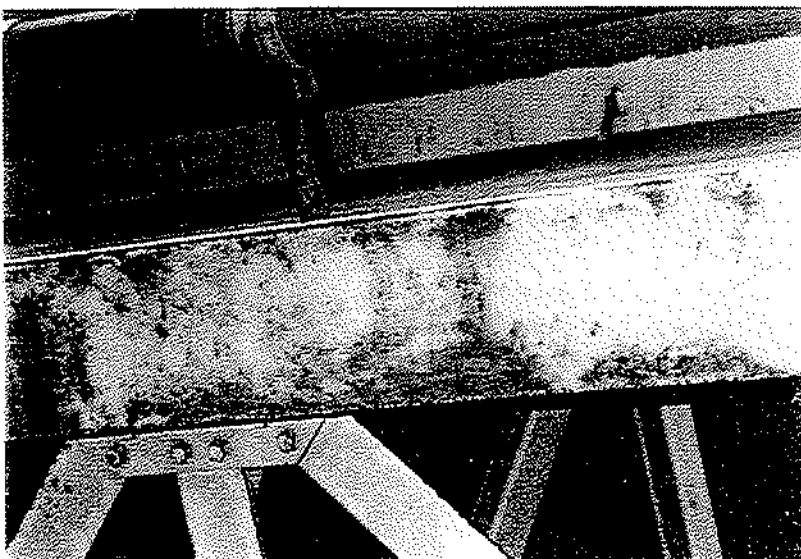
鋼桁下フランジ下面 (つづき)



評価 3



評価 4



評価 5

2.4 塗膜診断

2.4.1 COMS- I

劣化程度の異なる実橋塗膜の写真を編集して作成した「塗膜劣化程度標準写真帳」を現場で対比しながら目視観察で得られた点検データをコンピュータに入力すると、防錆視点からの診断、美観視点からの診断、総合診断、部分補修に関する診断、水洗いに関する診断を行うシステムである。

防錆視点から診断した点検データの処理は、点検データのうち防錆上必要である項目「さび」と「はがれ」の評価点を使用し、防錆視点の診断ロジックにより評価する。

美観視点から診断した点検データの処理は、例えば鉋桁で美観に影響を及ぼす腹版と下フランジの「はがれ」、「変退色」及び「汚れ」の評価点を使用し、美観視点の診断ロジックにより評価する。なお、美観視点からの診断では部位による重み付けをしている。

防錆視点と美観視点で処理された評点より総合診断、部分補修に関する診断、水洗いに関する診断を行う。

2.4.2 COMS- II

COMS- II は塗膜寿命(効率的に塗替えを行う時期)を COMS- I で得られた診断結果より予測するシステムである。塗膜寿命は塗膜の劣化機構を検討した上で塗膜実態調査データから塗膜劣化回帰式を求め、COMS- I で得られた結果をプロットし塗膜寿命曲線との位置関係により寿命を予測する。

塗膜寿命予測式(塗膜の劣化状態と経過年数との関係式)は全国 254 橋の塗膜調査データを統計的に処理して式を求めたものである。

塗膜寿命予測は予測式の標準偏差分だけ左へ平行移動した下限値と標準偏差の 2 倍分だけ右へ平行移動した上限値を設定し、予測対象塗膜の点検データから計算された塗膜の劣化度がこの間に分布している場合に寿命予測を行う。また、上限値と下限値の間よりはずれない場合については、ゾーン毎に塗替えに関する情報を提供する。

塗膜寿命予測曲線及びゾーン区分を図-1 に示す。

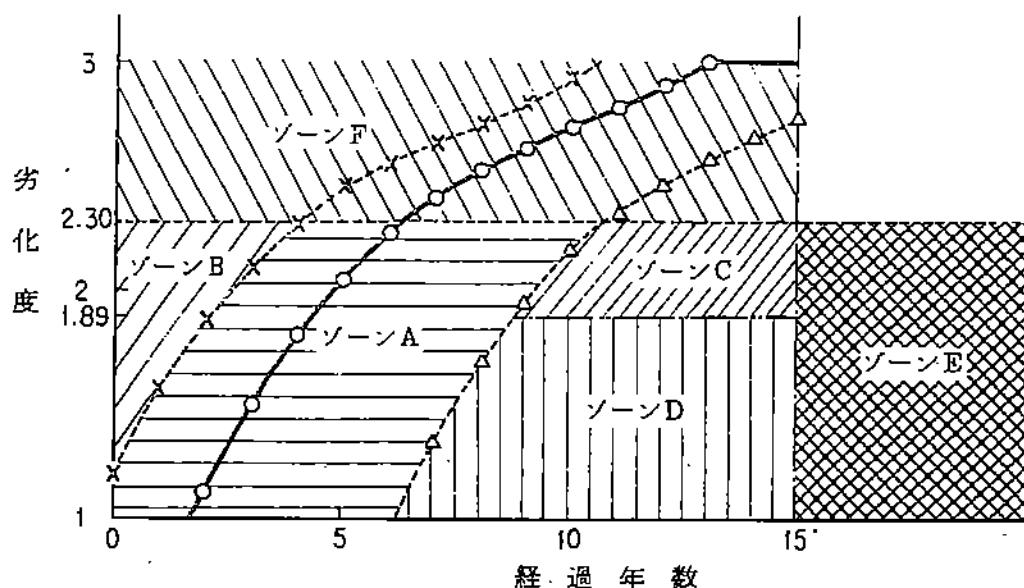


図-1 塗膜寿命予測曲線及びゾーン区分

なお、COMS-IIにおける塗膜寿命予測は塗膜の寿命を年数で求めるのではなく、塗替え塗装を合理的かつ効果的に行うものであるため、2年毎に塗膜の点検を行うことを前提に次回の塗膜点検までにどのような管理を行えばよいかという情報を提供する。

各ゾーンの出力文章は以下のとおりである。

(1)ゾーンA

①寿命が4年以上あると予測された場合

→防錆視点から見ると塗膜は健全です。今後4年間は塗替えの必要はないと考えられます。

②寿命が2～4年以内と予測された場合

→防錆視点から見ると塗膜はまだ健全です。次回の定期点検結果に基づいて塗替え計画を立ててください。

③寿命が2年以内と予測された場合

→塗膜はまだ防錆機能を保持していますが、塗替え時期が近づいてきています。塗替えの準備をしてください。

(2)ゾーンB

→経験年数のわりには塗膜は著しく劣化が進行しています。早急に原因を調査してください。塗替えは劣化原因を排除したうえで行うことが望ましいのです。

が、劣化原因の排除が困難な場合には塗装仕様の見直しを行って下さい。

(3)ゾーンC

→塗膜はまだ防錆機能を保持していますが、すでに長期間経過していますので塗替えの準備を行って下さい。

(4)ゾーンD

→塗装後かなりの年数が経過しているにもかかわらず、塗膜は防錆視点から見ると通常予想される程度に比べて極めて良好な状態にあります。当面は塗替えの必要はありませんが、今後も定期的に塗膜点検を行って下さい。

(5)ゾーンE(経験年数が15年を越えたもの)

→塗装後かなりの年数が経過しているにもかかわらず、塗膜は防錆視点から見るとさほど劣化が進行していません。

(6)ゾーンF

→塗膜は劣化しています。適切な塗替えを行って下さい。

2.4.3 COMS-III

COMS-IIIは塗膜診断(COMS-I)で、塗替えが必要であると診断された橋梁の塗替え塗装仕様を選定するシステムである。

このシステムでは以下のような条件、

- (1)塗膜の劣化は比較的均一であるか、局部的であるか
- (2)塗膜の劣化は期待した期間より早く生じたか、遅かったか
- (3)塗替え間隔は現行よりも長くしたいか
- (4)塗替えは景観を配慮するか
- (5)塗替えが期待した期間より早く劣化した場合、その原因を排除して塗替えが行えるか

を入力することにより、鋼道路橋塗装便覧の塗替え塗装規格に準拠した最も適切な塗替え塗装仕様が出力される。

塗替え塗装仕様の選定は大きく分けると全面塗替えと部分塗替えに分けられ、手順は各々以下のとおりである。

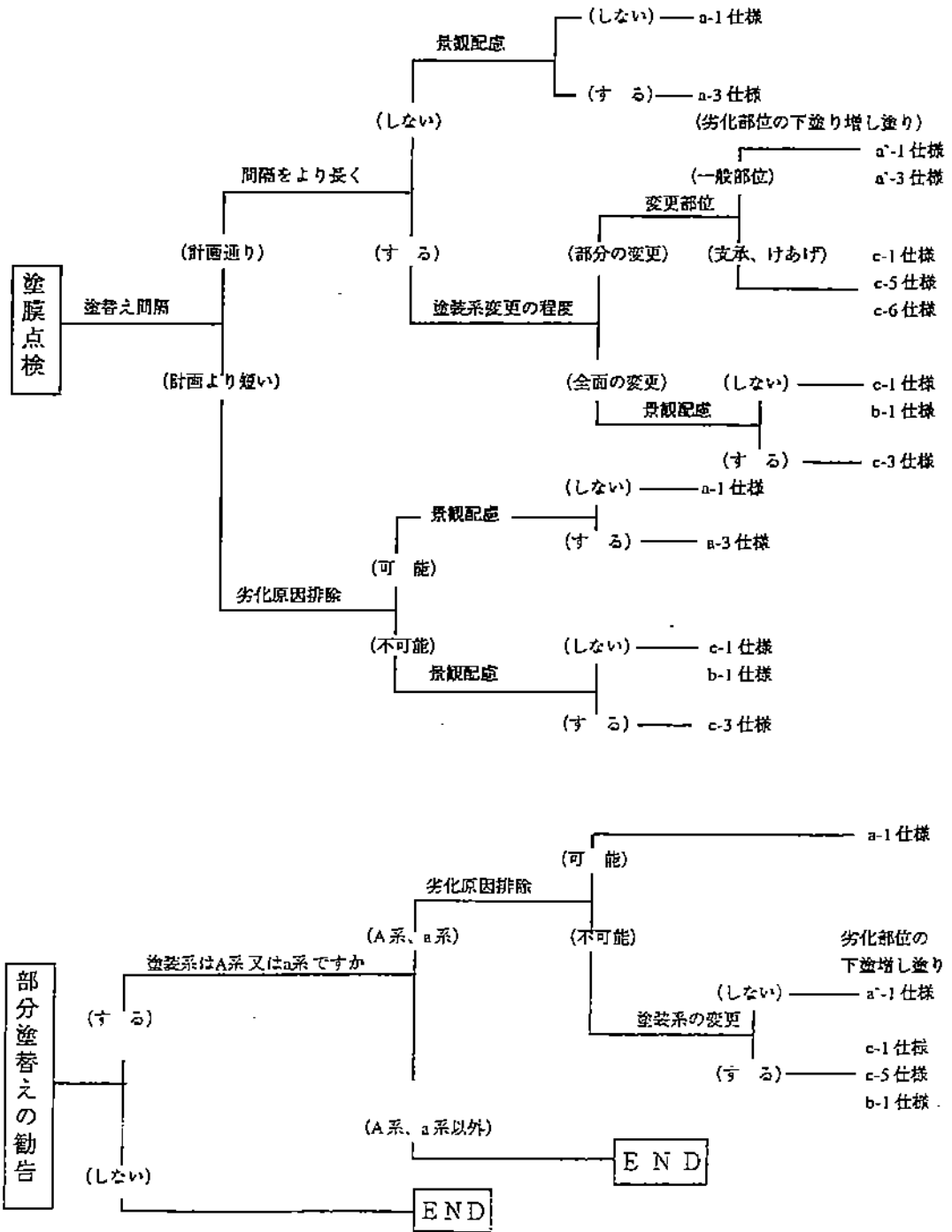


図-2 塗替え塗装仕様選定手順

2.5 結果の出力

調査対象橋梁の諸元、塗装履歴、点検結果の明細、総合評価結果等が橋梁全体又は径間毎に印刷される。

3. 本システムの実橋検証

改良した塗膜診断システム(COMS)の診断技術と操作性を確認するとともにシステムの欠点を把握するため実橋において診断を行った。

3.1 調査概要

(1)目的

Access 版に変換した本システムの動作確認を行う。

目視における塗膜状態と COMS における診断結果とが合致しているかを確認する。また、目視観測の最も問題とされる調査者間の評価差程度の確認と塗膜劣化度標準写真帳の現場適合性について確認する。

(2)調査橋梁

調査橋梁は建設省横浜国道工事事務所及び静岡県沼津土木事務所の管理する橋梁、酒匂川橋、菖蒲橋、西平橋、石堂橋の4つの橋梁で実施した。

(3)調査者

調査者は塗膜調査の専門家4名により実施した。

3.2 結果及び考察

COMS(Access 版)は診断結果印刷時にエラーが生じた以外は正常に動作した。エラー箇所については直ちに修正した。

本システムは作成時に実橋において何度もトライアルしていることもあり、目視による塗膜状態と COMS 診断結果がほぼ一致し、本システムの診断が良好であることが確認された。

しかし、調査対象橋梁で最も塗膜の状態が悪い酒匂川橋において、調査者間の評点に個人差が若干見られた。これは塗膜劣化度標準写真帳は各部位毎に塗膜劣化程度の見本が作成され評価しやすいが、劣化程度によって部位の写真の取り方(大きさ)が異なるため評価に若干戸惑いが生じ、その結果、評価の差に現れたものと思われる。その他の橋梁については塗膜状態が比較的良好であったため差は生じなかった。

汚れ及び変退色については官能的な判断により評価するため、個人差が生じた。汚れ、変退色についてもさび、ふくれと同様に評価写真帳やグレースケール等を併用して評価する方法を採用する必要があると思われる。美観視点からの評価は若干課題が

残る結果となった。

ここで、酒匂川橋の塗膜調査結果をまとめたものを表-5に示す。

表-5 酒匂川橋における塗膜調査結果

| | ① 鋼床版裏面 | | ② 側板 | | ③ 添接部 | | ④ 側板 | | ⑤ 鋼床版裏面 | | ⑥ 対峙構 | | ⑦ 下添接部 | | ⑧ 側板 | | ⑨ 鋼床版裏面 | |
|-----|---------|-----|------|-----|-------|-----|------|-----|---------|-----|-------|-----|--------|-----|------|-----|---------|-----|
| | 側板 | 添接部 | 側板 | 添接部 | 側板 | 添接部 | 側板 | 添接部 | 側板 | 添接部 | 側板 | 添接部 | 側板 | 添接部 | 側板 | 添接部 | 側板 | 添接部 |
| さび | 調査者A | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 2 | 1 |
| | 調査者B | 2 | 2 | 4 | 3 | 4 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 |
| | 調査者C | 2 | 2 | 3 | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 2 | 1 |
| | 調査者D | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 1 | 1 |
| はがれ | 調査者A | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 4 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 4 | 1 | 1 |
| | 調査者B | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 |
| | 調査者C | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 4 | 2 | 1 |
| | 調査者D | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 |
| 剥退色 | 調査者A | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | 調査者B | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | 調査者C | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| | 調査者D | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 汚れ | 調査者A | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | 調査者B | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| | 調査者C | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | 調査者D | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 |

4. まとめと COMS の今後

コンピュータ診断システム(COMS)は実橋での試験の結果、プログラムの Access 版への変更による動作確認、塗膜診断結果についてもほぼ良好な結果が得られた。

これにより標準化された方法で塗膜点検を行い、そのデータを入力することによって塗膜の劣化程度を診断し、以後の塗膜の管理や塗替え時期に関する情報を提供することができ、さらに塗替えについての希望条件を入力することにより適切な塗替え塗装仕様を選定することが可能となった。また、本システムによって定期的に点検を行うことにより塗膜に関するデータベース化が図られ、塗替えに関する適切な助言と、鋼橋塗膜の合理的かつ効率的な維持管理に役立つものと考えられる。

本システムは携帯用パソコン(モバイル)等を使用することによって、現場で得た目視結果を即入力し、その場で塗膜診断結果を提供することが可能である。さらにそのデータが蓄積されることにより、次回の点検時には今までの塗膜データ及び塗膜劣化程度を提供できることから、鋼橋塗装業者側から発注者への維持管理の提案をすることが可能である。

現在、システムの活用手順(案)を図-3に示す。

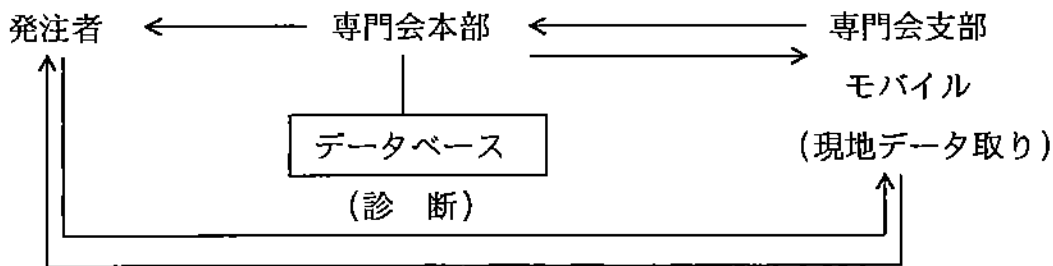


図-3 COMS 活用手順(案)

現在のところ本システムの塗膜寿命予測については一般環境における鋼道路橋塗装便覧のA塗装系のデータにより作成しているため、点検対象橋梁が限定されている。しかし、これらは定期点検で塗膜劣化に関するデータを得ることによって環境別、塗装系別の寿命予測ロジックを構築することが可能であるため、実橋での試験及びシステムの積極的な適用が求められる。また、目視調査の問題点である調査者による評価の違い(差)を極力小さくするためにも劣化程度写真見本帳の充実及び調査者の育成を

図るとともに本システムの適用を増やし、問題点の抽出及び訂正のくり返しにより信頼性の高いシステムの確立を図る必要がある。

今後は、さらに定期点検による塗膜劣化程度の推移、塗替え時期による LCC の予測情報等の提供及び各発注期間のご意向に対応したプログラムの修正・提供することにより LCC を考慮した維持管理方法の提案をしていくことが必要であると考えます。