

## 2. 橋梁マネジメントシステム（BMS）の基本構成

本章では、平成17年度から直轄道路橋で運用している橋梁マネジメントシステム（以下「BMS」という。）について、その基本構成を述べる。

### 2. 1 システム開発目標

投資計画の最適化や将来ネットワークの性能予測を支援するためには、管理する全橋梁の構造条件、環境条件、現況状態、劣化予測に応じた想定される補修・補強・更新パターンや費用等を適切に入力、設定し、長期における管理水準別の維持管理費用等を必要な精度で推計するシステムが必要となる。

こうした劣化予測に基づく将来状態予測や標準的な補修・補強計画を提案し、最適な管理計画の策定を支援するツールとして、BMSがある。直轄道路橋におけるBMSでは、ネットワークにおける最適管理計画の策定に加え個々の橋梁管理の合理化をも目標として、健全度を予測していくにあたっての現況の損傷状態の評価、理論式等による劣化予測に基づく健全度予測、そして将来予測を用いて部位・損傷毎に最適な補修時期・補修費用を算出して対策計画の提案を行うという、言い換えればマイクロ、マクロ双方のマネジメントへの活用を目標に開発が進められてきた。しかし、マクロな推計・予測には活用できるものの、前述のとおり、①橋のパフォーマンスを支配する損傷の多くが局部的なものであること、②劣化の進行程度にはマイクロな環境や構造の条件が支配的な影響をもつこと、③目視が主体の点検で得られているデータのみでは損傷の状態が正確に把握できていないことから、個別橋の適切なマイクロ管理に必要な精度は得られていない。このような限界を理解した上で、標準的な管理方針・計画等の参考としてシステムを活用することが重要となり、この前提ではマクロ管理に有効な手法である。

すなわち、ここで提案するシステムは、個々の橋梁について将来の状態を予測する方法を採用しているものの、マイクロ管理における使い方としては、既に劣化しているか近い将来に深刻な状態になる可能性の高い橋梁を抽出して、補修時期を検討するあるいは補修時期を見逃さないための一つの参考情報としての位置付けに過ぎないものと考えている。すなわち、管理計画の策定には、BMSで得られるデータに基づく定量的・客観的評価に加えて、専門家等の知見による定性的・総合評価が欠かせないことを十分に認識することが大切である。図-2.1.1に、維持管理実務へのBMSの導入位置付けを示す。

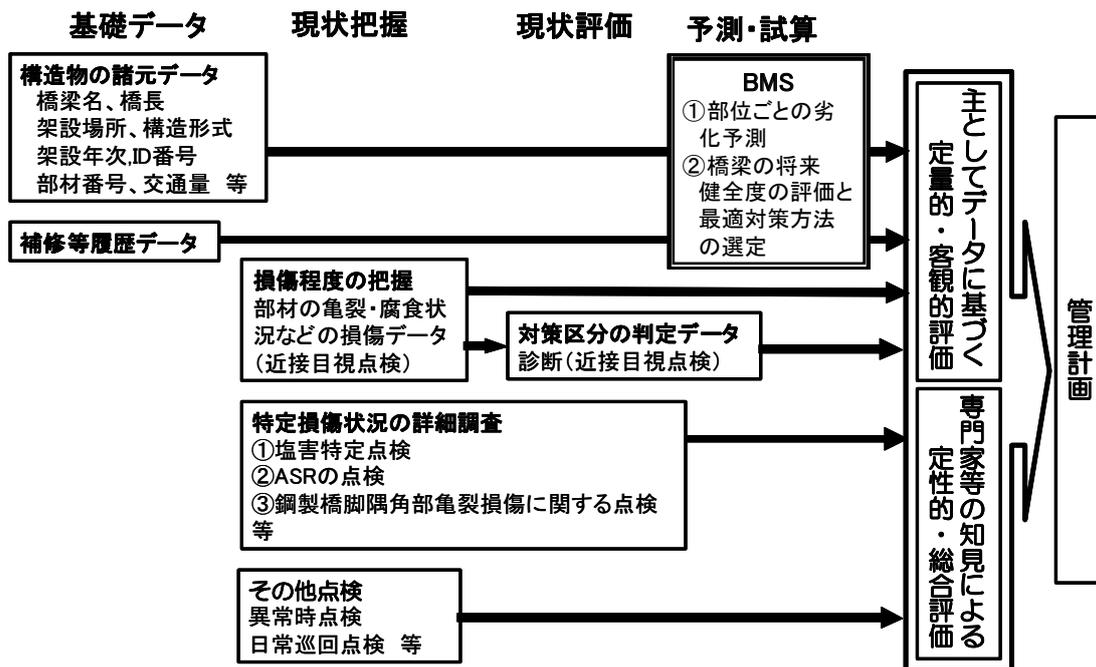


図-2.1.1 維持管理実務へのBMSの導入位置付け

## 2. 2 システムの基本構成と流れ

BMSの構成要素及び機能を表-2.2.1に、橋梁管理の流れとBMSの関係を図-2.2.1に示す。BMSは、大きく区分すると、

- ①橋梁の現状を把握するための橋梁の諸元、補修履歴、点検データ等の関連する入力データ
  - ②健全度(劣化)予測等を実施した結果から更新・補修の優先順位の高いもののリスト、定期対策・定期交換が必要なもののリスト、定期点検に基づく損傷箇所の抽出リスト、損傷管理リストに基づく未対策橋梁の抽出リストの出力を行うBMS本体機能
  - ③概算要求資料作成を支援する短期計画支援機能
  - ④未整備ではあるが、補修シナリオ等を基にライフサイクルコストを予測する中長期計画支援機能
- から構成される。

表 2.2.1 BMS の構成要素及び機能

BMS の構成要素		内容、機能等
入力 データ	道路管理 データベース	<ul style="list-style-type: none"> <li>・橋梁諸元データ (MICHI) : 橋梁名、建設年、橋長、幅員、床版厚さ、塩害地域区分、大型車交通量等</li> <li>・補修履歴データ : 部材毎の補修年、補修内容等</li> </ul>
	橋梁点検 データベース	<ul style="list-style-type: none"> <li>・定期点検データ : 点検年、損傷の種類、損傷程度等</li> <li>・橋梁管理カルテ : 橋梁名、劣化要因、対策区分の判定結果等</li> </ul>
	進捗管理 データ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・三大損傷管理リスト : 三大損傷 (塩害、疲労、ASR) の対策実施状況</li> <li>・耐震補強状況リスト : 耐震補強の実施状況</li> </ul>
	塩害特定点検 データ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・塩害特定点検データ : かぶりの測定結果、塩化物イオン量試験結果等</li> </ul>
BMS 本体機能	健全度評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>・点検結果を用いて、部材毎、劣化要因毎に、損傷程度の評価区分を健全度ランク及び定量的な評価値に変換</li> </ul>
	劣化予測	<ul style="list-style-type: none"> <li>・部材毎、劣化要因毎に、劣化予測モデルを用いて、現時点の健全度評価及び将来の劣化を予測</li> </ul>
	補修時期・ 補修工事費の 計算	<ul style="list-style-type: none"> <li>・点検結果、劣化予測に基づく個別橋梁の補修時期・補修工事費を計算</li> <li>・補修時期・補修工事費の計算結果より、短期計画支援ツールに取り込む橋梁の補修時期、補修工法、補修数量、補修工事費等を出力</li> </ul>
短期計画 支援機能	損傷箇所の 抽出	<ul style="list-style-type: none"> <li>・全部材について、対象劣化要因以外で、損傷の対策区分が E1、E2、C、S、M (S63 定期点検では I、II) の部材をスパン毎に抽出</li> </ul>
	短期計画支援 ツール	<ul style="list-style-type: none"> <li>・補修優先橋梁の選定を支援</li> <li>・次年度予算要求資料作成を支援</li> <li>・予防保全率算定を支援</li> </ul>
中長期計 画支援機 能 (未整備)	中長期計画支 援ツール	<ul style="list-style-type: none"> <li>・補修シナリオ (管理パターン) 毎の中長期の必要費用を計算</li> </ul>

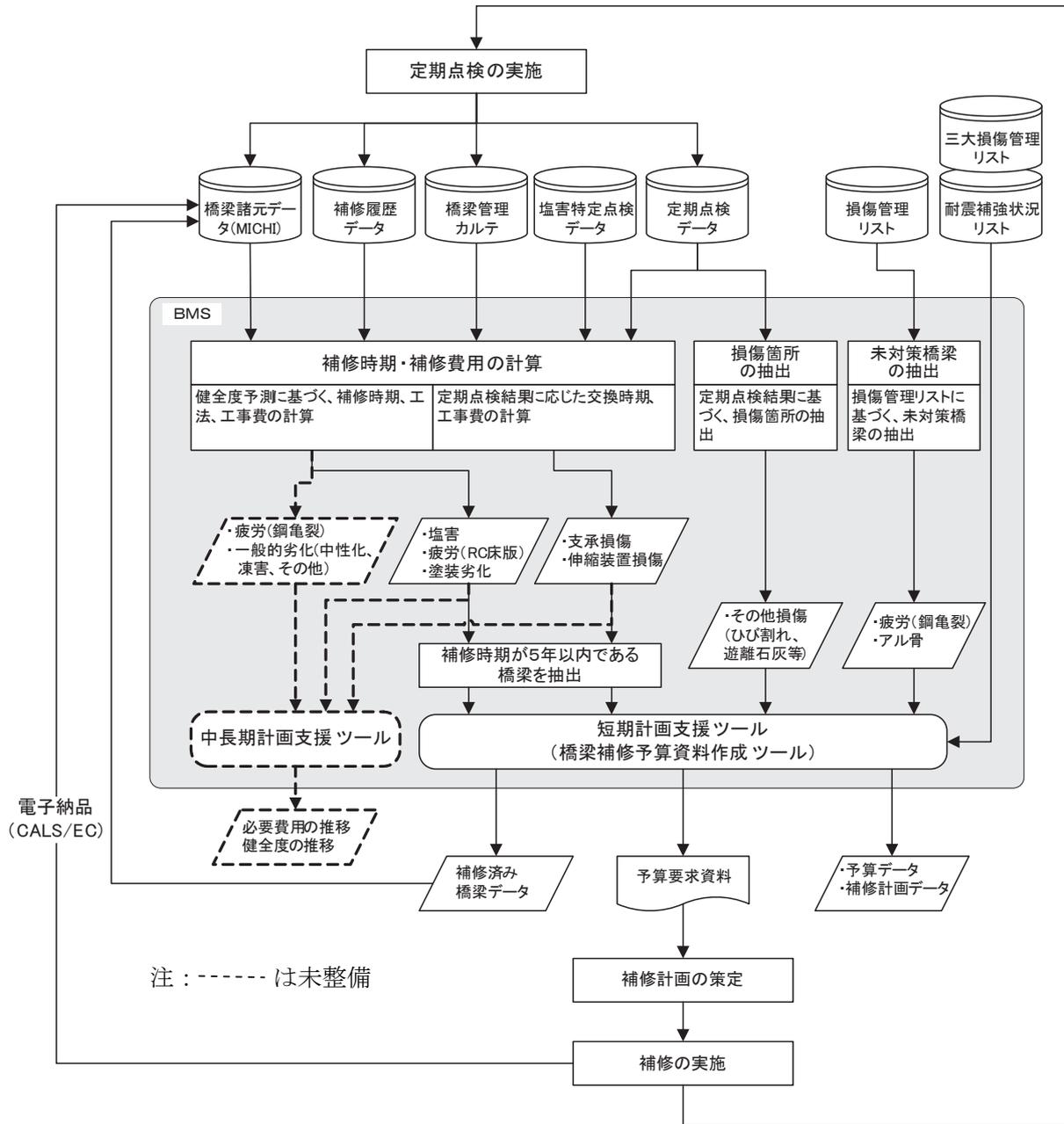


図-2.2.1 橋梁管理の流れと BMS の関係

## 2. 3 データ入力

データ入力は、現在国土交通省で整備されている別の関連データベースシステムとリンクさせるように構成されている。取り込むデータの概要は、表-2.2.1 に示した。

## 2. 4 健全度（劣化）予測（BMS本体機能）の概要

予防保全的管理が重要となる部材の劣化進行により、将来の補修工法及び補修費用に大きな差が生じるものについて、損傷毎に健全度（劣化）予測を実施し、補修工法・補修時期設定を支援するものである。

一方、部位・部材によっては、そもそも取り替えを前提としているものもあり、これらについては、厳密な劣化予測を実施しても補修工法及び補修費用に大きな違いは生じないと考えられるので、耐用年数前に取り替えが必要かどうかの簡易な劣化予測は行うものの、基本は、耐用年数等を設定し定期的に対策・交換を実施するとしている。

劣化予測の方法については、3章で詳述する。

### 2. 4. 1 健全度予測の対象劣化要因

健全度予測は劣化要因毎に行うこととし、対象とする劣化要因は、橋梁の寿命に対して大きく影響し、比較的損傷が多く発生し、かつ現在の技術的知見である程度の精度でもって予測が可能なものとして、表-2.4.1 に示すコンクリートの塩害、RC床版の疲労、鋼部材の塗装劣化・腐食とした。

なお、コンクリートの塩害に関しては、損傷が顕著になった時点では既にその進行を防止したり部材の耐荷力などの性能を回復するには手遅れの状態となる場合もあり、損傷が発生する前に損傷の進行度に関する予測を行って、ライフサイクルコスト最小化の観点から最も適切と考えられる時期に、例えばその時点ではまだ所要の性能が確保されていたり外観的な変状は軽微であったとしても、必要な対策を実施することが可能であれば、長寿命化とライフサイクルコストの減少に有効であることから、こういう使い方も想定される。

また、5年毎の定期点検ではカバーしきれない突然発生する損傷、例えば鋼部材の疲労によるき裂なども対象とすることが望ましく、知見の蓄積を進めつつ導入していく予定である。

表-2.4.1 健全度予測を行う損傷

健全度予測を行う損傷	<ul style="list-style-type: none"><li>・コンクリートの塩害</li><li>・RC床版の疲労</li><li>・鋼部材の塗装劣化・腐食</li></ul>
------------	--

### 2. 4. 2 対象部材の選定

部材選定においては、構成部材すべてにおいて精度よく健全度予測を行うことが理想であるものの、現状の劣化予測技術及び必要性を勘案すると、すべてを対象とすることは困難である。そこで、本システムにおいては、橋梁の安全性確保に重要であり、さらには補

修・補強費用に大きく影響する主要部材のみを対象とした。表-2.4.2 に、対象部材及び部材別評価単位を示す。

表-2.4.2 健全度予測を行う対象部材、部材別評価単位

	対象部材	評価単位
上部工	主桁、横桁、縦桁、主構トラス（上・下弦材、斜材、垂直材、橋門構）、アーチ（アーチリブ、補剛桁、橋門構）、ラーメン主構桁	1 スパンかつ桁 1 本毎に評価
下部工	橋脚、橋台	1 基毎に評価
床版	床版	1 スパン毎に評価

### 2. 4. 3 健全度の定義

橋梁の現在あるいは将来の状態を表す健全度の定義を、表-2.4.3 に示す。本システムにおける健全度とは、損傷程度と損傷要因を基に橋梁の安全性と対策工法の規模に着目してランク付けしたものである。

表-2.4.3 健全度の定義

健全度ランク	状態（構造物の安全性と対策工法の規模）
I	<ul style="list-style-type: none"> <li>劣化や変状がほとんど認められない。</li> <li>機能的に問題がない。</li> </ul>
II	<ul style="list-style-type: none"> <li>軽微な劣化や変状が認められる。</li> <li>部材の機能低下は見られず、利用者等への影響はない。</li> </ul>
III	<ul style="list-style-type: none"> <li>劣化や変状が進行している。</li> <li>部材の機能低下は小さく、利用者等への影響はほとんどない。</li> <li>一般的に小規模な対策により機能の回復が図られる。</li> </ul>
IV	<ul style="list-style-type: none"> <li>劣化や変状が広範囲に進行している。</li> <li>部材の機能低下が進行し、利用者等への影響が危惧される。</li> <li>比較的規模の大きな対策が必要となる。</li> </ul>
V	<ul style="list-style-type: none"> <li>劣化や変状が著しく進行している。</li> <li>部材の機能が大きく低下しており、利用者等に危険が及ぶ恐れがある。</li> <li>大規模な対策、部材の更新又は架替の必要がある。</li> </ul>

### 2. 4. 4 劣化予測方法

現状の健全度は、損傷毎に、定期点検結果に基づく劣化状態と対応付けてランクの当てはめを行う。一方、将来の健全度を推測するには、劣化の進行を予測することが必要となる。BMSにおいて劣化予測を行うには、劣化状態を損傷の大きさ又は損傷の原因等の定量的な値と関連付け、その値を何らかの劣化曲線に当てはめ将来の値を計算した上で、予測値がどのランクに相当するかを評価して行うこととなる。

本システムでは、表-2.4.4 の最右欄に示す定量的指標を劣化予測に用いることとし、この指標の現状の値は、定期点検の要素毎、損傷種類毎に目視点検で定性的な区分で判定している損傷の程度から変換して用いることとした。

表-2.4.4 損傷別の定量的指標

劣化要因	評価単位	損傷の種類	定量的指標
コンクリートの塩害	コンクリート部材： 主桁、横桁、縦桁、 アーチ、ラーメン主構 桁、床版、橋脚、橋台	ひびわれ	塩化物イオン濃 度(kg/m <sup>3</sup> ) 鋼材体積減少率 (%)
		剥離・鉄筋露出	
RC 床版の疲労	コンクリート部材： 床版	床版ひび割れ	疲労損傷度
		抜け落ち	
鋼部材の塗装劣 化・腐食	鋼部材： 主桁、横桁、縦桁、 主構トラス、アーチ、 ラーメン主構桁、 床版、橋脚	塗装劣化	さび発生面積(%)
		腐食	
支承の劣化	鋼部材、ゴム部材： 支承	腐食、亀裂、破断	健全度指標 (100 点満点)
		ゆるみ・脱落	
		支承の機能障害	
伸縮装置の劣化	鋼部材、ゴム部材： 伸縮装置	腐食、亀裂、破断	
		ゆるみ・脱落	
		路面の凹凸	
		変形・欠損	

#### 2. 4. 5 将来健全度

将来の健全度を評価する基本的な方法は、次のとおりである。

- ① 損傷毎に、劣化予測モデル（一般形）を設定する。
- ② 現在（点検年）の状態が劣化予測モデル（一般形）のどの位置に相当するかを、点検結果等による損傷状態との対応から、特定する。
- ③ 劣化予測モデル（一般形）を、現在の損傷状態に適合するように補正を行う。
- ④ 直近の点検年以降に補修が行われていた場合は、補修により健全度は I に回復したと仮定し、劣化予測モデル（一般形）の補正を行う。
- ⑤ 補正した劣化予測モデルでもって、将来の劣化の状態を表す値を求める。
- ⑥ この値から、将来の健全度を求める。

図-2.4.1 に、補正方法のイメージ図を示す。

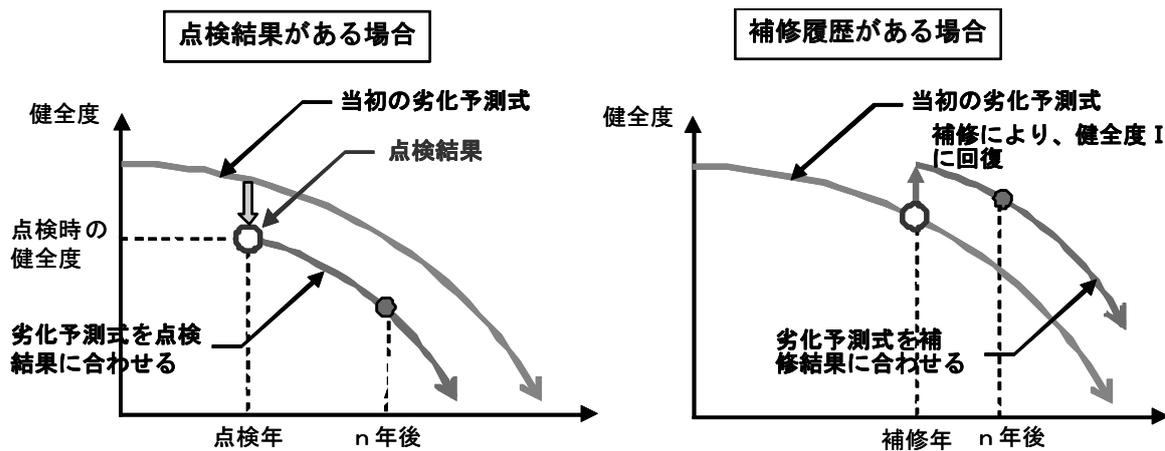


図-2.4.1 劣化予測モデルの補正方法のイメージ

## 2. 5 補修工事費の算出

### (1) 補修工法

補修工法は、健全度ランク毎に標準的な補修工法が設定されている。

### (2) 補修数量

補修数量は、補修工法に応じて MICHI データベースより必要な情報（幅員、橋長、橋脚高さ等）を取得してスパン当たりで算出される。

### (3) 補修工費

補修工費は、直接工事費×（1＋諸経费率）により算出される。

直接工事費は、補修単価に補修数量を乗じた上、スパン毎に仮設費（足場工費）を加算して求められている。

### (4) 工事調整

補修工事の実態を考慮して、足場が共用できる工事などについては、同一工事で補修を行うように工事調整をした補修工事が出力される。

## 2. 6 短期計画支援ツール

橋梁の管理計画策定を支援するため、直轄の事務所で使用するツール（表-2.5.1 参照。）と、整備局で使用するツール（表-2.5.2 参照。）の2つが用意されている。

表-2.5.1 橋梁補修予算資料作成ツール「事務所ツール」の機能概要

メニュー		機能概要
補修計画 入力	橋梁毎に以下の方法 で入力 ・ 径間単位入力 ・ 橋梁単位入力	<p>【橋梁リスト】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>管内全橋梁の点検結果、三大損傷対策実施状況、次年度予算要求、今後の補修計画等を橋梁単位で表示する。</li> <li>橋梁諸元を表示する。</li> </ul> <p>【補修計画リスト】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>橋梁リストで選択した橋梁について、径間毎に、対策区分E1,E2,C,S,Mの部材及び劣化予測に基づく補修部材を表示する。</li> <li>劣化予測に基づく補修部材については、補修時期、補修数量、補修工法、補修工事費を算出し表示する。</li> <li>劣化要因が塩害、RC床版の疲労である補修部材については、劣化予測の条件、計算結果を表示する。</li> <li>塩害、RC床版の疲労、塗装劣化・腐食に対する補修工事費の計算根拠を表示する。</li> <li>部材毎に点検結果の詳細情報を表示する。</li> <li>既に補修済みの場合等、補修計画に不採用の橋梁をチェックし、その理由を記入する。</li> <li>補修数量、補修工法、補修工事費の修正入力及び補修実施時期の入力を行う。</li> <li>リストに表示されていない部材の補修計画を追加入力する。</li> <li>補修計画の修正・入力結果を基に、必要予算、予防保全率等の集計計算を行う。</li> </ul>
結果一覧 表示	概算要求内訳表	<ul style="list-style-type: none"> <li>補修計画リスト修正・入力後の集計計算の結果、内訳表（作業枠）と内訳表（追加要望）を表示し、さらに橋梁単位での一覧表示をする。</li> </ul>
	損傷管理リスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>補修計画リスト修正・入力後の集計計算の結果、各損傷要因に対して、損傷管理リスト及び次年度予防保全率を表示する。</li> <li>対策状況を表及びグラフ形式で表示する。</li> <li>3箇年の予防保全率の推移を表及びグラフ形式で表示する。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>補修予算集計表（様式-11）</li> <li>三大損傷マネジメントシート（様式-2）</li> <li>要求額調査表（様式-4）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>補修計画リスト修正・入力後の集計計算の結果、補修予算集計表（様式-11）を表示する。</li> <li>三大損傷マネジメントシート（様式-2）を表示する。</li> <li>予算額調査票（様式-4）を表示する。</li> </ul>

表・2.5.2 橋梁補修予算資料作成ツール「地整シート」の機能概要

メニュー		機能概要
事務所データのチェック	概算要求内訳表	<ul style="list-style-type: none"> <li>事務所にて作成した内訳表に対して、次年度補修橋梁を選択する。さらに、選択された「橋梁単位の全項目一覧」を表示する。</li> </ul>
予算要求資料出力	予算要求書資料表示	<ul style="list-style-type: none"> <li>内訳表から選択した結果を基に橋梁補修予算を集計し、補修予算集計表（様式・11）を表示する。</li> <li>三大損傷マネジメントシート（様式・2）を表示する。</li> <li>予算額調査票（様式・4）を表示する。</li> </ul>
	次年度予防保全率	<ul style="list-style-type: none"> <li>内訳表から選択した結果を基に、次年度予防保全率を計算する。</li> <li>次年度予防保全率を表及びグラフ形式で表示する。</li> <li>地整管轄全事務所の予防保全率の3箇年推移を表及びグラフ形式で表示する。</li> </ul>
事務所別橋梁数表示	管内橋梁の現況橋梁数を表示	<ul style="list-style-type: none"> <li>現況総括表、橋種別構造体数を表形式で表示する。</li> </ul>
その他	各事務所データの取り込み	<ul style="list-style-type: none"> <li>各事務所が修正・入力及び集計した「事務所シート」を取り込む。</li> </ul>