道路構造物(橋梁)長寿命化計画(参考資料)

- 2014 年度~2022 年度までの橋梁定期点検結果の分析結果 -

令和6年3月

愛知県建設局道路維持課

目 次

1. はじめに	
2. 位置付けと注意点 ····································	
3. 橋梁定期点検データに基づく分析	
3.1 分析内容	
3.1 分析内容 ····································	
3.2.1 橋梁種別の経年劣化傾向	<u>.</u>
3.2.2 損傷別の劣化傾向	
3.2.3 空間情報へのプロット	4
3.3 分析結果	
3.3.1 橋梁毎の劣化傾向	5
3.3.2 損傷別の劣化傾向	
3.3.3 各種推計結果からの傾向分析結果	
3.3.4 地域別の劣化傾向	
3.3.5 その他の劣化要因別の劣化傾向	21
3.3.6 うきの発生状況	26
3.3.7 き裂・ボルトのゆるみ・脱落の発生状況	27
3.4 まとめ	28
3.4.1 劣化傾向分析	28
3.4.2 今後の予防保全措置段階の橋梁に対する対策の方向性	28
参考資料 ······	29

1. はじめに

本県では、これまで長寿命化修繕計画に基づき対策を実施してきた結果、管理水準を下回る多くの 既設橋では修繕が進み、機能回復が図られてきた。今後は、より状態が深刻化する前段階で修繕を行 う予防保全型メンテナンスへの本格転換を図り、安心・安全の確保、ライフサイクルコスト縮減、さ らには、工事の平準化を実現していくことが求められている。

そのためには、本県管理のなかで、現在 2,500 橋程度ある予防保全段階(健全性の診断の区分Ⅱ) の橋梁から、早期措置段階(健全性の診断の区分Ⅲ) へ移行しやすい橋を事前に選定し、限られた予算の中で予防保全型の修繕を行っていく必要がある。

ここで、早期措置段階(健全性の診断の区分Ⅲ)へ移行しやすい橋梁の選定については、これまで、直近の定期点検結果から損傷の程度や進行程度を参考とし選定してきた。一方、今年度で2巡目の定期点検が完了し、橋梁の状態も明らかとなってきていることから、それらの知見を加えることで、早期措置段階(健全性の診断の区分Ⅲ)へ移行しやすい橋梁の選定精度の向上を図っていく。

本資料は、本県における 2014 年度から 2022 年度までの橋梁定期点検データについて、定期点検データの分析を実施している既往の文献 1)2)3)等を参考とし、名古屋大学橋梁長寿命化推進室長 中村光教授から頂いたご意見等も踏まえ、道路維持課でとりまとめたものである。

2. 位置付けと注意点

本資料は予防保全段階(健全性の診断の区分Ⅱ)の橋梁の中から、優先的に修繕する橋梁の選定指標の一つとして活用していく。

ただし、ここで実施した分析については、あくまで本県管理の橋梁に対する全体の傾向を示したものであり、個々の橋梁の実際の劣化過程を予測しているものではない。そのため、活用にあたっては、分析の不確実性についても、十分把握しておく必要がある。

参考文献)

- 1) 白戸真大,星隈順一,玉越隆史,河野晴彦,横井芳輝,松村裕樹:定期点検データを用いた道路橋の劣化特性に関する分析,国総研資料第985号,2017
- 2) 玉越隆史:道路橋の劣化の不確実性を考慮した計画的維持管理の支援手法に関する研究,大阪大学博士論文,2017
- 3) 小池真登,長井宏平:新潟県市町村における橋梁点検データを用いた経年劣化傾向分析,コンクリート 工学年次論文集,Vol37,No.2,2015

3. 橋梁定期点検データに基づく分析

3.1 分析内容

- ① 橋梁種別の経年劣化傾向橋種種別の経年劣化傾向について分析した。
- ② 損傷別の劣化傾向 橋梁の材料・部位、桁種、部材別の主な損傷の経年劣化傾向について分析した。
- ③ 空間情報へのプロット

飛来塩分、凍結防止剤やアルカリ骨材反応などが主な要因と考えられる損傷について、橋梁位置との関係性について分析した。

④ その他の劣化要因別の劣化傾向

劣化進行が顕著な RC 床版ひびわれ、鋼橋桁端部の腐食について、それぞれの劣化の影響要因と考えられる大型車交通量、床版設計基準や伸縮装置損傷による漏水などとの関係性について分析した。

⑤ 空間情報へのプロット (第三者影響が考えられる「うき」の状況)

損傷程度としては軽微であるが、第三者への影響被害が懸念されるうきの状況について確認した。

上記、分析項目①~⑤について、表 3-1 に分析内容の内訳を示す。分析項目毎の各番号は、次項以降に示す分析項目の番号を示す。

表 3-1 分析内容

材料 部位	橋種· 部		損傷種類	分析事項	分析項目	頁
鋼橋	1		•	•	1)	5~6
	主桁		腐食		2	7
				桁端部	2	7
				伸縮装置損傷あり	4	21
				伸縮装置損傷なし	4	21
				中間部	2	7
			防食機能の劣化		2	8
				桁端部	2	8
				中間部	2	8
			防食機能の劣化-	→腐食(複合劣化)	2	8
	RC床版		床版ひびわれ		2	9
				大型車交通量 多	4	23
				大型車交通量 少	4	23
				床版基準道示S48以前	4	24
				床版基準道示S48以降	4	24
			剥離・鉄筋露出		2	9
				凍結防止剤散布地域別	3	17~1
			うき		5	26
ンクリート橋			ひびわれ		2	9
				桁端部	2	9
				中間部	2	10
			剥離・鉄筋露出		2	10
				桁端部	2	10
				中間部	2	10
			うき		5	26
			ひびわれ→剥離・	鉄筋露出(複合劣化)	2	11
				飛来塩分地域別	3	19
	PC橋				1	5~6
	Σ	ポステン	ひびわれ		2	11
			剥離・鉄筋露出		2	11
		プレテン	ひびわれ		2	11
			剥離・鉄筋露出		2	12
	RC橋				1)	5~6
			ひびわれ		2	12
			剥離・鉄筋露出		2	12
	ボックスフ	カルバー	·		1	5~6
			ひびわれ		2	12
			剥離・鉄筋露出		2	13
下部工				ASR地域別	3	20
			ひびわれ		2	13
			剥離・鉄筋露出		2	13

3.2 分析に使用したデータおよび分析手法

3.2.1 橋梁種別の経年劣化傾向

1) 橋梁諸元の整理

愛知県橋梁カルテデータの橋梁諸元を用いてデータを 積み上げ、経過年数毎橋梁数、橋長別・橋梁種別の橋梁 数および内訳を分析し棒グラフ・円グラフにより可視化 した。

2) 健全度評価による分析

愛知県橋梁点検データを用いて、最新の2巡目点検結果(2019~2022年度)から可能な限り補修履歴を除き数値化した健全度(表 3-2)データを用い、橋梁種別や橋長別の経年劣化傾向を分析し、棒グラフ・散布図により可視化した。

表 3-2 健全度評価の数値化

M 約 B ‡	詳細	変換数値
A	損傷なし・損傷軽微	1
M	維持管理工事での対応	1
В	状況に応じて補修が必要	2.5
C1	予防保全の観点から補修が必要	4
C2	安全性の観点から補修が必要	5.5
E1 · E2	緊急対応の必要	7
S1·S2	詳細調査が必要	7

表 3-3 損傷程度の数値化

損傷程度	а	b	С	d	е
値	1	0.75	0.5	0.25	0

3.2.2 損傷別の劣化傾向

1) バブルチャートおよび直接推計(散布)

2巡目点検結果(2019~2022 年度)における、主要部材や部位(参考資料 1))の要素単位に記録された損傷程度 a~e の最悪値について、バブルチャートと散布データで推計した。

- (1) バブルチャート:経過年数別における損傷程度の発生量をバブルの大きさで示したもの
- (2) 散布図: 各年代の損傷程度を数値化した値を5年毎に合計し、要素数で除することで各年代の損傷程度の平均値と経過年数の関係を散布図として表し、回帰式を作成

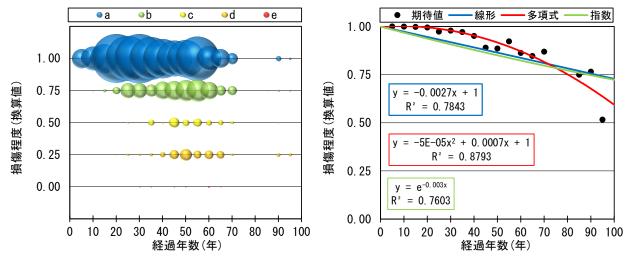


図 3-1 直接推計(散布)の例(左)バブルチャート/(右)散布図

2) マルコフ遷移(数え上げ)

主要部材や部位(参考資料 1))の1巡目点検(2014~2018年度)から2巡目点検(2019~2022年度)の2回の点検データを用いて、同一要素の5年後の損傷程度の推移をマルコフ遷移確率により定義し、劣化傾向を推計した。本推計の仮定としては、状態の遷移確率は過去の状態に無関係であり、次の時点でどの状態にどのような確率で遷移するかは、その時点の状態のみに依存する。

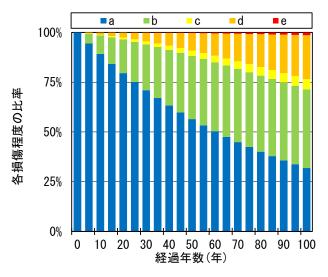


図 3-2 マルコフ遷移(数え上げ)の例:状態確率分布

3.2.3 空間情報へのプロット

飛来塩分、凍結防止剤、アルカリ骨材反応およびうきなど地域別の劣化傾向を確認するため、空間情報へのプロットを行った(表 3·1 分析項目③、⑤)。

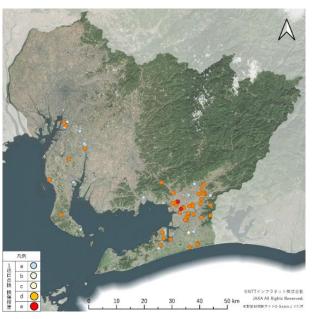


図 3-3 空間情報へのプロットの例

3.3 分析結果

3.3.1 橋梁毎の劣化傾向

1) 橋梁諸元分析

分析での適用データは最新の点検結果を適用した。建設年度の不明な橋梁は除外した。

- ・経過年数ごとの橋梁数:橋齢 50 年以上の高齢な橋梁が多く判定区分Ⅲの率は、経年的に増加する傾 向である(図3-4)。
- ・橋長ごとの内訳:橋長が 15m未満の割合が全体の 65%を占める(図 3-5)。
- ・橋長ごとの橋梁数:長い橋では鋼橋が多く、短い橋ではボックスカルバートや RC 橋の割合が高い (図 3-6)。

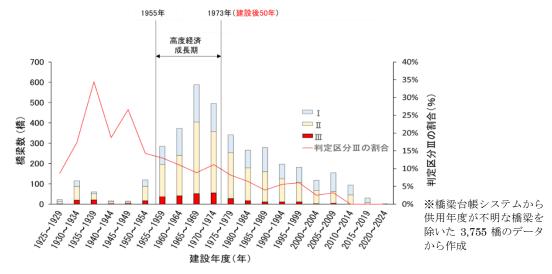


図 3-4 建設年度別の橋梁数と判定区分(1巡目(2014~2018年度)の点検結果より作成)

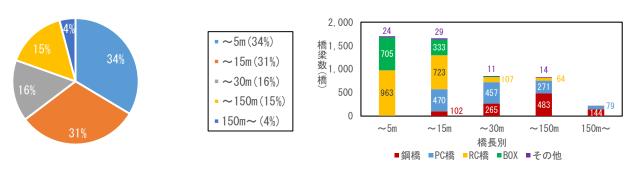


図 3-5 橋長別の内訳

図 3-6 橋長別の橋梁数および橋梁種別内訳

27%

55%

その他

2) 橋梁健全度分析

以下、表 3-1 分析項目①に関する分析結果を示す。

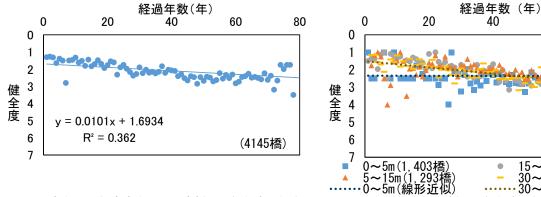
・橋梁種別ごと橋梁数・健全度内訳:鋼橋では、健全度が低く(健全度 C1・C2・E・S) 補修しなけ ればならない鋼橋の橋梁割合が多い(図3-7、図3-8)。



図 3-7 橋梁種別の橋梁数および健全度内訳 (建設年度不明含む)

図 3-8 橋梁種別の健全度比率 (建設年度不明含む)

・橋梁種別の経年劣化傾向:全橋梁の経年劣化傾向は概ね直線的であり(図 3-9)、橋長別では、橋長 の長い橋の健全度が、やや早く低下している (図 3-10)。これは、橋長の長い橋は、鋼橋の割合が 高いことに起因していると考えられる。



60 80 15~30m(566橋) 30~150m(669橋) 30~150m(線形近似) 図 3-10 橋長別経年劣化傾向 (建設年が判明する橋梁数)

図 3-9 各年平均健全度を用いた全橋梁の経年劣化傾向 (建設年が判明する橋梁数)

橋梁種別経年劣化傾向:鋼橋はコンクリート橋に比べ劣化の進行が早い傾向である。ボックスカル バートは経年劣化傾向のばらつきが大きいが、全体としてほとんど健全度が下がっていない。 ばらつきがあり異常値と考えられるデータについて、点検調書の写真や補修実績の有無について精 査したところ、図中の \bigcirc (白抜き)は、60 年以上で健全度 $A \sim B$ など、鋼橋は途替、コンクリート 橋は断面修復など補修実施済み、20 年以内では健全度 C(RC橋)で初期欠陥などが確認されたため、 回帰式の算出データとしては、除外した。

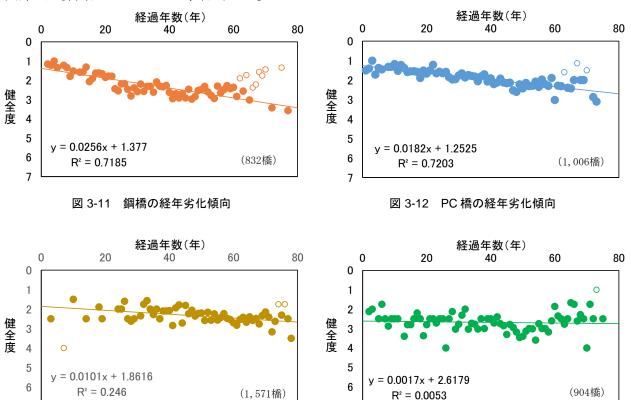


図 3-13 RC 橋の経年劣化傾向

図 3-14 ボックスカルバートの経年劣化傾向

 $R^2 = 0.0053$

3.3.2 損傷別の劣化傾向

以下、表 3-1 分析項目②に関する分析結果について、3.2.2 の分析手法で示したグラフのうち、左からバブルチャート、直接推計(散布)、マルコフ遷移(数え上げ)を示す。

1) 鋼橋 主桁 腐食

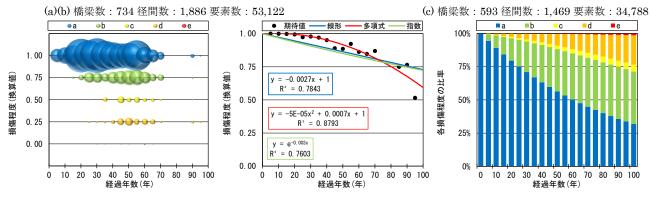


図 3-15 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

2) 鋼橋 主桁 腐食 桁端部

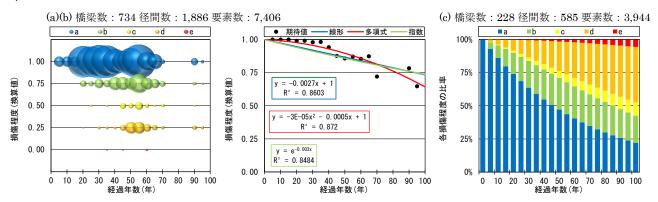


図 3-16 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

3) 鋼橋 主桁 腐食 中間部

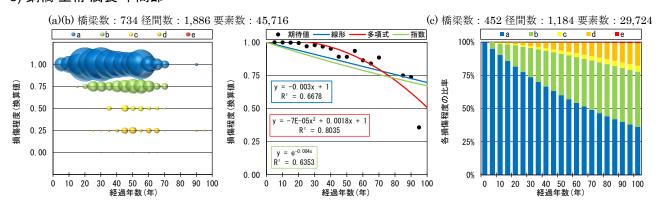


図 3-17 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

4) 鋼橋 主桁 防食機能の劣化

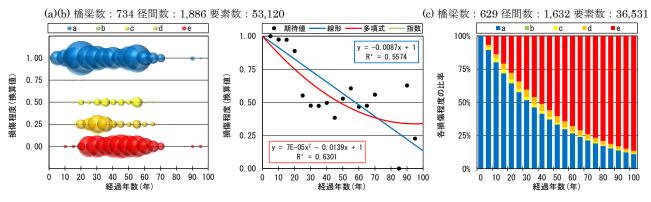


図 3-18 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

5) 鋼橋 主桁 防食機能の劣化 桁端部

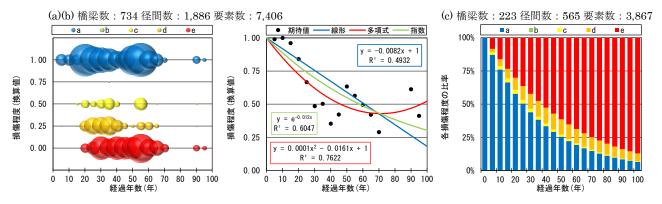


図 3-19 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

6) 鋼橋 主桁 防食機能の劣化 中間部

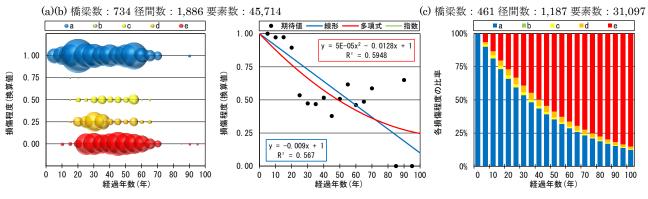


図 3-20 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

7) 鋼橋 主桁 防食機能の劣化→腐食(複合劣化、参考資料 3.4.2 1) 1) (1) 参照)

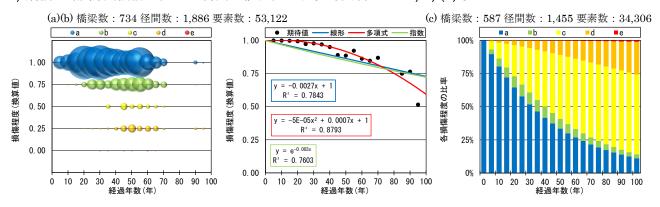


図 3-21 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

8) 鋼橋 RC 床版 床版ひびわれ

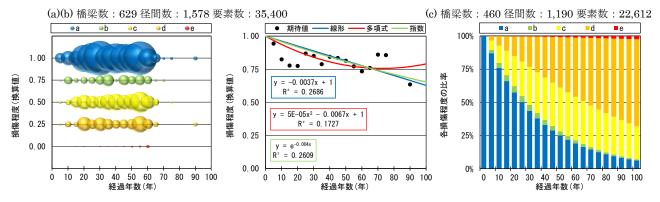


図 3-22 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

9) 鋼橋 RC 床版 剥離·鉄筋露出

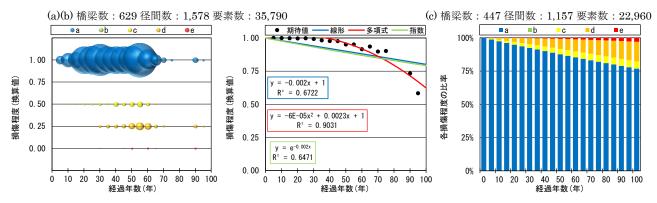


図 3-23 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

10) コンクリート橋 ひびわれ

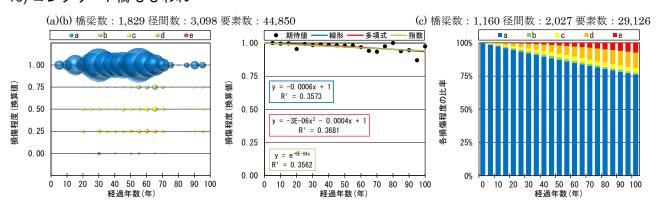


図 3-24 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

11) コンクリート橋 ひびわれ 桁端部

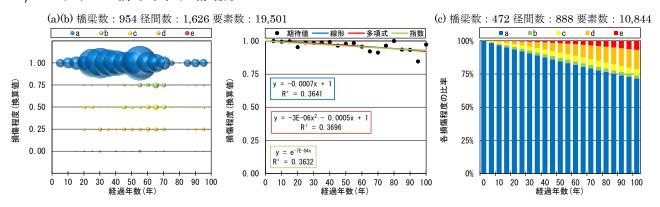


図 3-25 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

12) コンクリート橋 ひびわれ 中間部

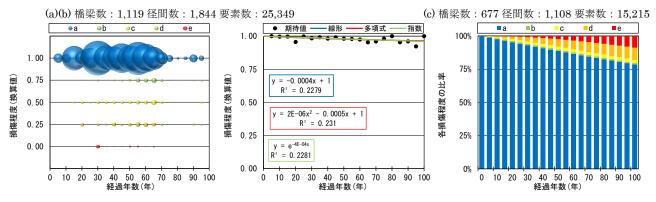


図 3-26 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

13) コンクリート橋 剥離・鉄筋露出

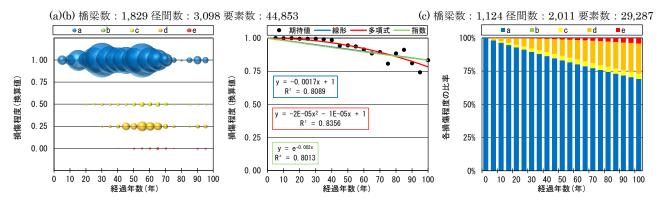


図 3-27 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

14) コンクリート橋 剥離・鉄筋露出 桁端部

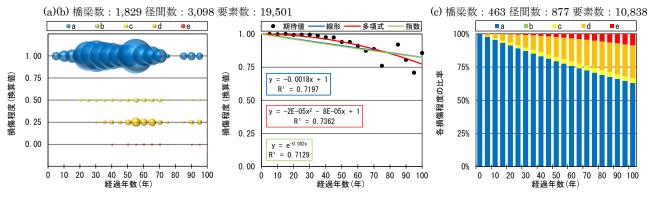


図 3-28 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

15) コンクリート橋 剥離・鉄筋露出 中間部

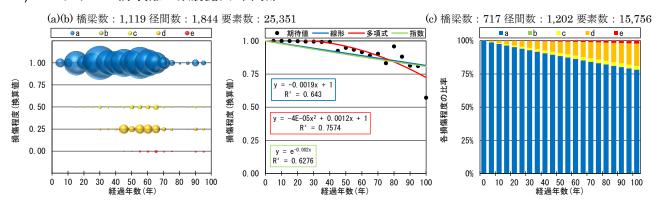


図 3-29 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

16) コンクリート橋 ひびわれ→剥離・鉄筋露出

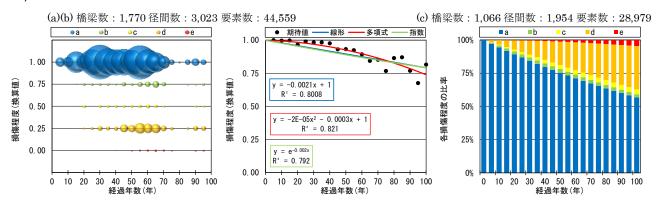


図 3-30 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

17) PC ポステン橋 ひびわれ

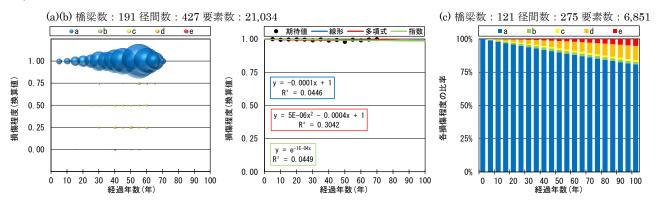


図 3-31 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

18) PC ポステン橋 剥離・鉄筋露出

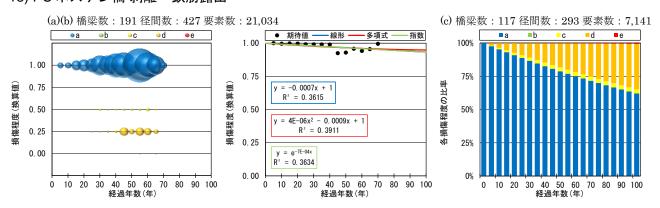


図 3-32 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

19) PC プレテン橋 ひびわれ

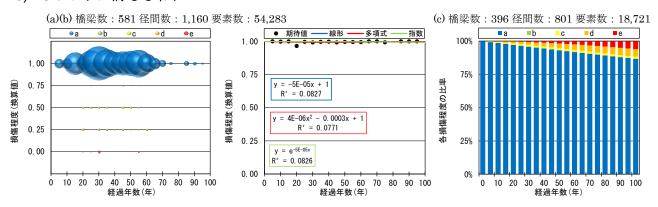


図 3-33 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

20) PC プレテン橋 剥離・鉄筋露出

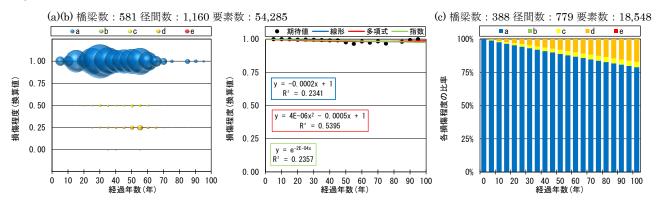


図 3-34 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

21) RC 橋 ひびわれ

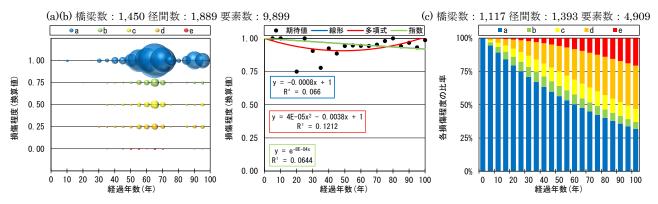


図 3-35 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

22) RC 橋 剥離·鉄筋露出

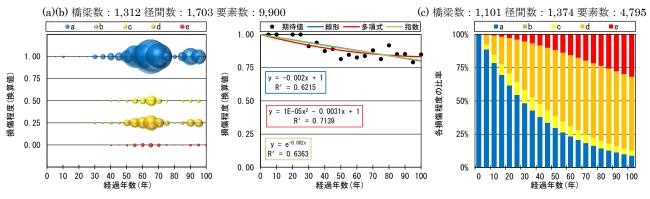


図 3-36 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

23) ボックスカルバート ひびわれ

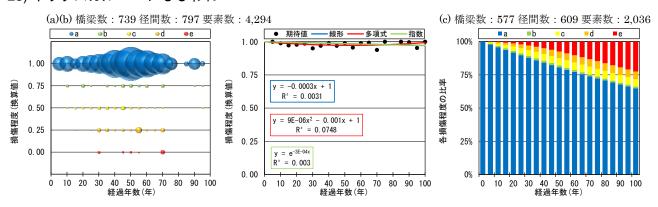


図 3-37 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

24) ボックスカルバート 剥離・鉄筋露出

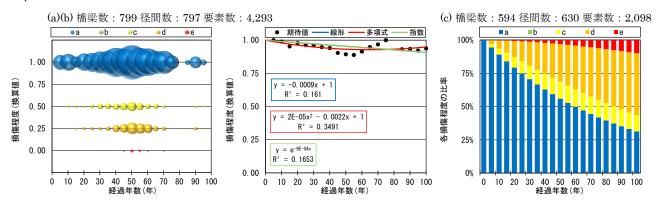


図 3-38 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

25) 下部工 ひびわれ

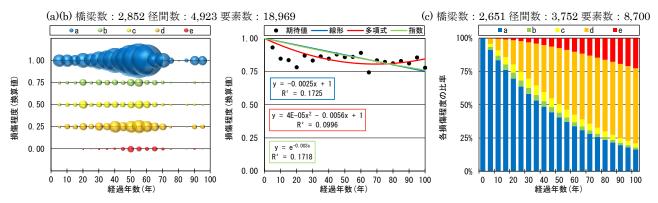


図 3-39 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

26) 下部工 剥離・鉄筋露出

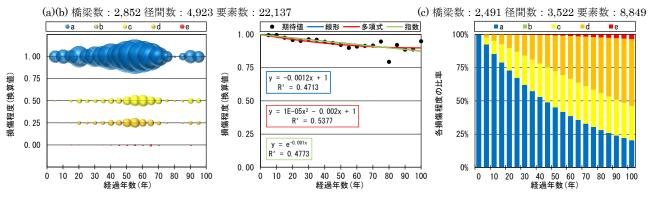


図 3-40 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

3.3.3 各種推計結果からの傾向分析結果

図 3-15 から図 3-40 までで示したグラフのうち直接推計(散布)とマルコフ遷移確率(数え上げ)結果について比較し、傾向についての分析結果を示す。

(1) 直接推計(散布)の推計結果と考察

各損傷別における回帰式について、式別で最も高い決定係数 R^2 について比較したものを図 3-41 に示す。鋼部材の損傷やコンクリート部材の剥離・鉄筋露出は決定係数の値が比較的高いため、経過年との関係が強い。一方、コンクリート部材のひびわれについては、決定係数が低く、経過年と損傷程度の相関は低いと考えられる。また、回帰式について表 3-4 のとおりで、経過年数に対して直線的な関係となっていない損傷が多い。

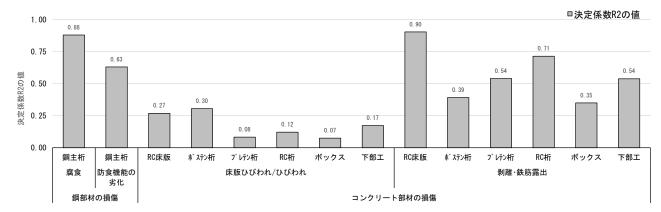


図 3-41 決定係数の比較

材料別 損傷種類別 構造部類別 決定係数が最も高い式型 腐食 多項式 鋼部材 鋼主桁 防食機能の劣化 多項式 RC床版 線形 ポステン桁 多項式 プレテン桁 線形 床版ひびわれ/ひびわれ RC桁 多項式 ボックス 多項式 下部工 線形 コンクリート部材 RC床版 多項式 ポステン桁 多項式 プレテン桁 多項式 剥離·鉄筋露出 RC桁 多項式 ボックス 多項式 下部工 多項式

表 3-4 決定係数が最も高い式型

次に、耐荷力の観点から比較するため、防食機能の劣化や PC 桁以外のひびわれ損傷を除き、経過年 100 年における回帰式(線形)の損傷程度(換算値)について比較し整理した(図 3-42)。

その結果、鋼橋の腐食、RC 床版および RC 桁の剥離・鉄筋露出の経年劣化は、他の損傷より早く進む傾向にあると考えられる(図 3-43)。

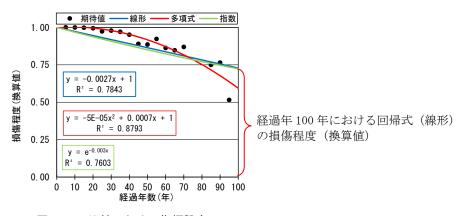


図 3-42 比較のための指標設定

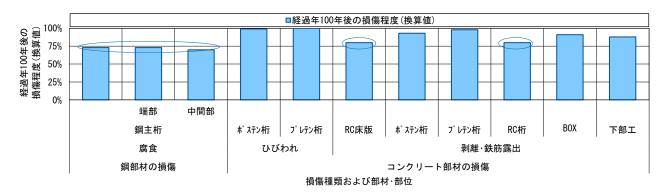


図 3-43 線形回帰式の経過年 100 年後の損傷程度(換算値)の比較

(2) マルコフ遷移確率 (数え上げ) からの推計結果と考察結果

図 3-44 に示す状態確率分布の 100 年間遷移させた後の各損傷別比率について、程度の悪い d および e と程度の良い a のそれぞれの比率として整理したものを図 3-45, 図 3-46 に示す。

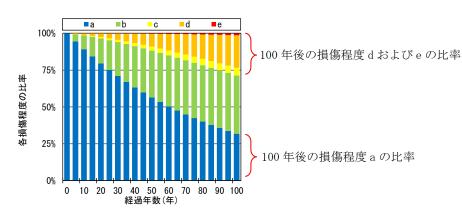


図 3-44 比較のための指標設定

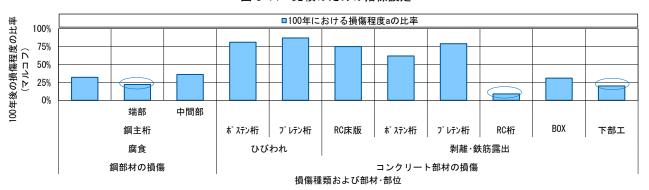


図 3-45 100 年後の損傷程度 a の比率の比較

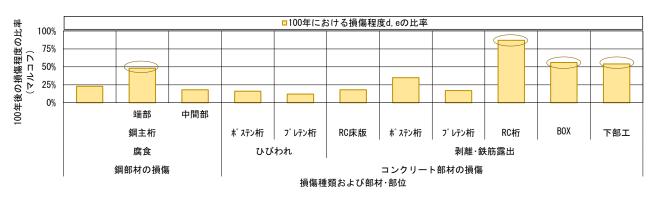


図 3-46 100 年後の損傷程度 d,e の比率の比較

また、各損傷 b~e のうち d,e の占める割合を下記に示す。

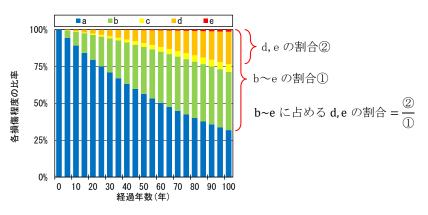


図 3-47 比較のための指標設定

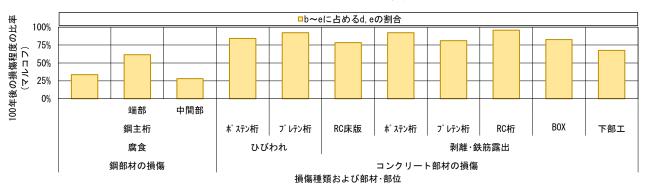


図 3-48 100 年後の損傷程度の比率 (b~e に占める d,e の割合)

- ・図 3-43より、直接推計の回帰式から 100年後の損傷程度 a の比率について比較した結果、鋼主桁の腐食、RC 床版および RC 桁の剥離・鉄筋露出で損傷程度が悪い値となった。
- ・図 3-45 よりマルコフ遷移確率から 100 年後の損傷程度 a の比率で比較した結果、直接推計の比較と同様、鋼主桁の腐食、RC 桁の剥離・鉄筋露出の他、下部工で損傷程度が悪い値となった。
- ・図 3-45 より、ひび割れ、剥離・鉄筋露出とも、ポステン桁はプレテン桁と比較し損傷程度が悪い。
- ・図 3-46 より、100 年後の損傷程度 d, e の比率で比較した結果でも、損傷程度 a の比率で比較した結果と概ね同様の傾向であった。
- ・図 3-48 より、ポステン桁、プレテン桁のひび割れや RC 桁の剥離・鉄筋露出は 100 年後の損傷程度 $b\sim e$ の比率に対し損傷程度 d, e の割合が高い値となった。

3.3.4 地域別の劣化傾向

1) 凍結防止剤

凍結防止剤の影響について分析を行う。

特に鋼桁のRC床版に対して、冬期の凍結防止剤散布による影響が大きいと考えたため、RC床版の剥離・鉄筋露出を検討の対象とした。

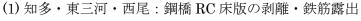
他団体の基準などを参考とし、最低気温2℃となる頻度*が高く凍結防止剤の散布量が多いと想定される地域(新城設楽建設事務所管内)と各建設事務所へのヒアリングから散布量実績が少ないと想定される地域(知多建設事務所、東三河建設事務所、西尾支所)とそれら以外の地域の3地域群を比較することで、影響程度について分析した(表3-5)。



表 3-5 検討条件

凍結防止剤散布の影響 小	凍結防止剤散布の影響 中	凍結防止剤散布の影響 大
知多/東三河建設事務所 西尾支所	左記および右記以外	新城設楽建設事務所

- ※ 気象庁 過去の気象データ検索より県内の観測所の過去5年のデータをダウンロードして作成 ※ 最低気温2℃は、名古屋高速道路公社の凍結防止剤散布の目安の一つを参考



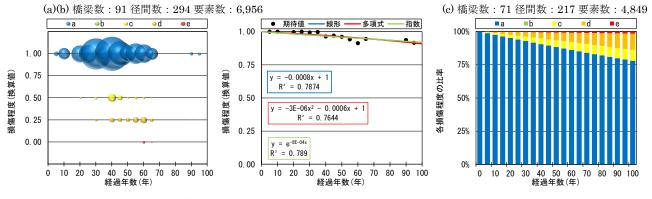


図 3-50 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

(2) 新城設楽:鋼橋 RC 床版の剥離・鉄筋露出

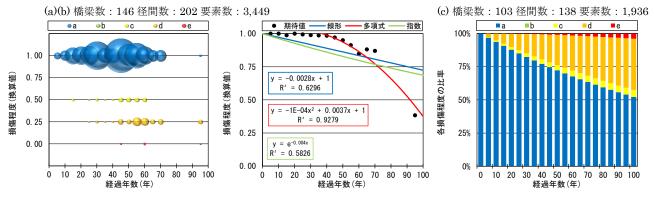


図 3-51 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

(3) 知多・東三河・西尾、新城設楽以外の地域:鋼橋 RC 床版の剥離・鉄筋露出

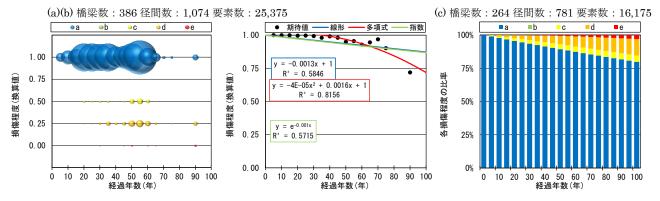


図 3-52 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

比較検討の結果、新城設楽の方が凍結防止剤の散布量が多く、直接推計(散布)、マルコフ数え上 げともに新城設楽の方が、劣化進行が早い推計結果となった。

2) 飛来塩分

飛来塩分が劣化要因と想定される損傷について、塩害地区と非塩害地区に区分して劣化傾向を確認した。塩害地区は海岸線から 200m 以内に位置する橋梁(表 3-6)とした。分析対象はコンクリート桁の「ひびわれ→剥離・鉄筋露出」の複合劣化(参考資料 2)(2)参照)とした。

表 3-6 道示皿の塩害区分

地域 区分	海岸線からの距離	区分 S 影響が まで I	影響度合い
区分 海上部及び海岸線か	海上部及び海岸線から 20m まで	S	影響が激しい
愛知県	20m をこえて 50m まで	I	
\mathbf{C}	50m をこえて 100m まで	П	影響を受ける
	100m をこえて 200m まで	${ m I\hspace{1em}I}$	

表 3-7 環境条件の影響

環境条件	影響小	影響 大
飛来塩分	海岸線から	海岸線から
(コンクリート桁)	200m 超	200m 以内

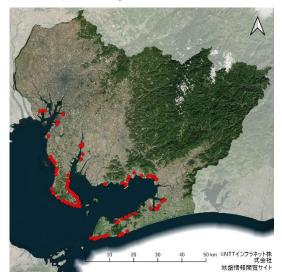


図 3-53 空間情報へのプロット

(1) 塩害地区(200m 以内) コンクリート桁 ひびわれ→剥離・鉄筋露出(複合劣化)

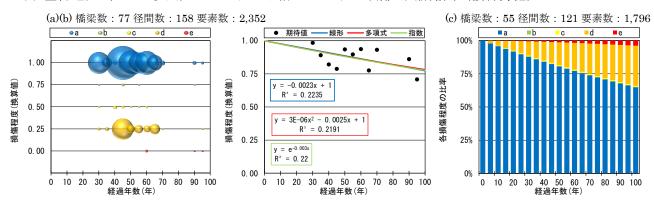


図 3-54 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

(2) 塩害地区以外 (200m 超) コンクリート桁 ひびわれ→剥離・鉄筋露出 (複合劣化)

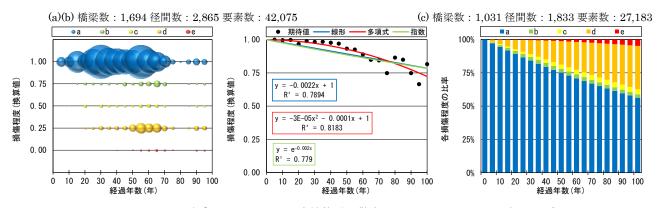


図 3-55 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

バブルチャートから塩害地区は経過 30 年から損傷の発生が増加する傾向がみられた。一方、直接推計(散布)、マルコフ遷移(数え上げ)では劣化の進行に明確な差はみられなかった。

ただし、海岸線から 200m 以内の対象は 77 橋とかなり限定されたデータでの推計である。

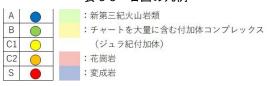
また、海岸線から 200m 以内のバブルチャート、直接推計(散布)ではデータのバラツキが比較的大きい。

3) アルカリ骨材反応

アルカリ骨材反応(以下、ASR)を劣化要因とする損傷は、経年劣化よりも材料的な問題と考えられる。ASR 劣化要因の損傷が多い下部工を対象部材とし、点検1巡目(2014~2018年度)の点検調書の所見欄にASRの損傷に関する記載のある橋梁の抽出を行った(102橋)。

次に文献等**を参考に、県内の地質分布とともに空間情報へプロットした(図 3-56)。地質分布は、反応性骨材の地質・岩石分布(新第三紀火山岩類、チャートを大量に含む付加体コンプレックス、花崗岩、変成岩)とした。

表 3-8 右図の凡例



※文献「中部地方における反応性骨材の岩石・地質学的調査とフライアッシュコンクリートの地域実装」

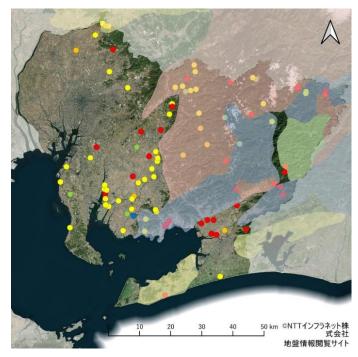


図 3-56 空間情報へのプロット

反応性骨材を使用していた可能性のある年代は、通達「コンクリート中の塩化物総量規制及びアルカリ骨材反応暫定対策について(空建第92号 昭和61年7月14日付け)」以前であるため、その基準年(1986年)以前・以降についても損傷状況を確認した(図3-57)。

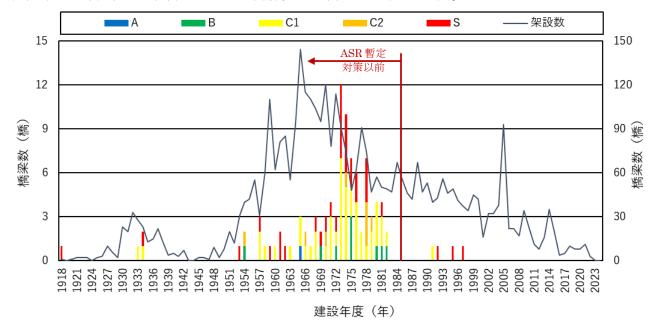


図 3-57 建設年度と橋梁数

空間情報へプロットした結果、ASR 劣化橋梁は県内の全域に分布していることがわかった。一方、建設年代別では ASR 暫定対策以前に建設された橋梁の損傷がほとんどであった。

※図中の折れ線は橋梁全体の建設年度と橋梁数を示す。

3.3.5 その他の劣化要因別の劣化傾向

1) 桁端部の腐食

(1) 伸縮装置損傷有無

鋼桁端部が伸縮装置からの漏水が劣化要因と想定される腐食損傷について、伸縮装置損傷ありとなしに区分して劣化傾向を確認した。ここで損傷ありとは、伸縮装置の健全度 C1, C2, C2, C3, C2, C3, C4, C5, C

【伸縮装置損傷あり】鋼主桁端部 腐食

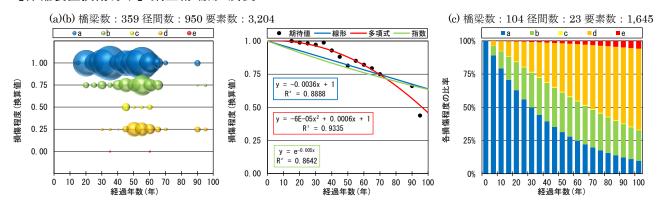


図 3-58 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

【伸縮装置損傷なし】鋼主桁端部 腐食

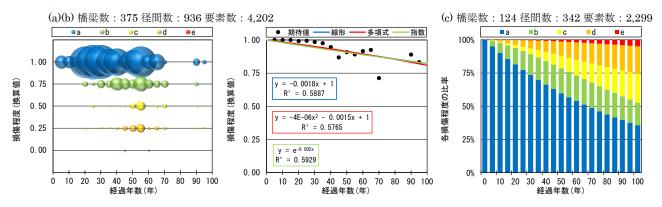


図 3-59 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

バブルチャートから、伸縮装置損傷ありの方に腐食 d が多く発生していることがわかる(図 3-58、図 3-59 o(a))。直接推計(散布)から、d0 年以降で差が生じ、伸縮装置損傷ありの方が劣化が進行していることがわかる(同 (b))。マルコフ遷移確率から、伸縮装置損傷ありの d 以上に遷移する確率が高いことがわかる(同 (c))。

(2) 重回帰分析

劣化要因の仮説を立て、説明変数の設定を行った。

表 3-9 桁端部腐食の目的変数、説明変数

目的変数		説明変数	
у	x_1	x_2	x_3
損傷程度値 (表 3-3 参照)	橋齢(老朽化、水の影響を 受ける期間、塗装基準)	凍結防止剤 (散布回数大小の影響)	伸縮装置損傷 (損傷部からの 漏水の影響)
a=1.00 b=0.75 c=0.50 d=0.25 e=0.00	建設後経過年数 2024-建設年	管理事務所別の最寄り気象庁観 測所における過去 5 年間の日最 低気温 2℃を下回る回数	伸縮装置損傷有無 (ダミー変数 損傷有り=1、 損傷無し=0)

損傷程度 $(a\sim e)$ は重回帰分析のため数値化($0\sim 1$ の範囲)により換算値(a=1.00, b=0.75, c=0.50, d=0.25, e=0.00)へ変換する。

重回帰分析の結果を以下に示す。重回帰分析結果の各数値は以下の通りである。

・係数: 重回帰モデルの各係数。 $y = a_1x_1 + a_2x_2 \cdots + a_nx_n + b$

伸縮装置損傷

- 標準誤差: 重回帰分析による目的変数の推定値が観測値に対してどの程度散らばっているかを表す。
- t 値: それぞれの説明変数が目的変数に与える影響の大きさを表し、絶対値が大きいほど影響が強いことを示す。 t 値の絶対値が 2 より小さい場合は、統計的にその説明変数は目的変数に影響しないと判断できる。
- ・p 値:各説明変数の係数が統計的に有意かどうかを評価する指標である。p 値が小さいほど、その変数はモデルに対して統計的に有意な影響を持つと言え、通常 0.05 以下の場合に有意とされる。
- ・決定係数 R2:目的変数(損傷程度)が説明変数(損傷への影響因子)によって説明される割合を示す、分析結果の当てはまりの良さを判断する指標のひとつ。 $0\sim1$ の範囲の値をとり、基本的に決定係数が1に近いほど当てはまりがよい。

影響因子 橋種 評価部材 係数 標準誤差 t 値 p値 決定係数 R2 (説明変数) 橋齢 -3.96×10^{-3} 7.75×10^{-5} -51.16 鋼橋 主桁端部 凍結防止剤 1.47×10^{-4} 1.49×10^{-5} 9.83 9.17×10^{-23} 0.074

 2.54×10^{-3}

-9.29

 1.69×10^{-20}

表 3-10 桁端部の腐食に関する重回帰分析結果

・t 値が示す影響の大きさは橋齢の影響 (51.16) が最も大きい。凍結防止剤 (9.83) と伸縮装置損傷 (9.29) の影響がほぼ同程度である。

-0.0236

- ・p 値に関していずれも 5%未満であることから、損傷程度の劣化予測について有効な影響因子である。
- ・決定係数 R2 は 0.074 であり、選択した影響因子による損傷程度の低下に対する影響の割合は約 7.4%程度で、当てはまりはよくない。

2) RC 床版の疲労

(1) 大型車交通量

表 3-1 分析項目④について分析を行う。

RC 床版のひびわれに関して、大型車交通量の影響が劣化要因であるか確認した。閾値は参考文献 2) を参考とし、大型車交通量 5,000 台/日とした。

【大型車交通量:5,000 台/日以上】鋼橋RC床版 ひびわれ

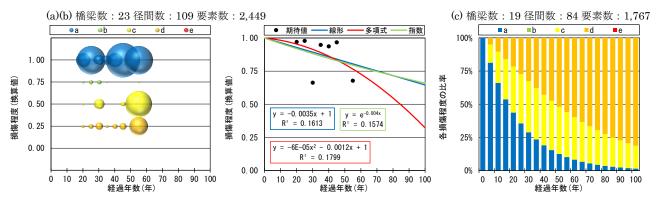


図 3-60 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

【大型車交通量:5,000 台/日未満】鋼橋 RC 床版 ひびわれ

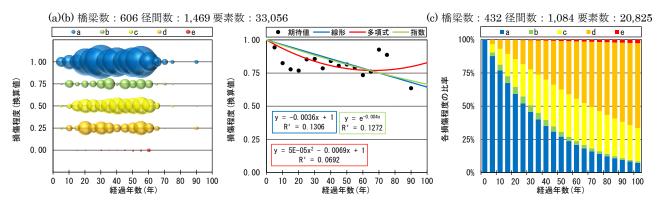


図 3-61 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

この比較検討では、大型車交通量 5,000 台/日以上と未満で、ひびわれ損傷に対して、明確な違いは 見られなかった。

ただし、大型車交通量 5,000 台/日以上の路線は少なく、対象は 23 橋とかなり限定されたデータでの推計である。

また、大型車交通量 5,000 台/日以上のバブルチャート、直接推計(散布)ではデータのばらつきが比較的大きい。

(2) 床版基準

表 3-1 分析項目④について分析を行う。

床版のひびわれについて設計法が大きく改定された 1973 年(昭和 48 年)の道路橋示方書より前の 床版(以下 S48 道示前)と以降の床版(以下 S48 道示後)の比較をした。

【S48 道示前】鋼橋 RC 床版 ひびわれ

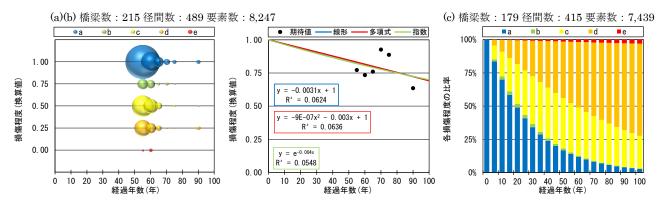


図 3-62 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

【S48 道示後】鋼橋 RC 床版 ひびわれ

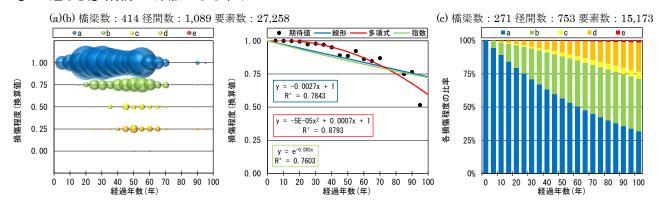


図 3-63 (a) バブルチャート/(b) 直接推計(散布)/(c) マルコフ遷移(数え上げ)

マルコフ遷移確率で比較すると S48 道示前は損傷程度 c の割合が経過年 10 年から増加している。経過 100 年までの損傷程度 d, e の劣化遷移は S48 道示前が若干、早い傾向にある。

(3) 重回帰分析

劣化要因の仮説を立て、説明変数の設定を行った。

表 3-11 RC 床版のひびわれの目的変数、説明変数

目的変数			説明変数		
y	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
損傷程度値	橋齢(老朽化、 軸重累積期間、 設計基準)	大型車交通量 (軸重の大きさ)	支間長 (衝撃、 たわみの影響)	凍結防止剤(散布 回数大小の影響)	塩害 (飛来塩分の 大小の影響)
a=1.00 b=0.75 c=0.50 d=0.25 e=0.00	建設後経過年数 2024-建設年	昼間 12h 交通量 ×大型車混入率 /車線数 (台)	各径間支間長(m)	管理事務所別の最 寄り気象庁観測所 における過去5年 間の日最低気温 2℃を下回る回数	海岸線からの距離 (ダミー変数 200m 未満=1、 以上=0)

重回帰分析の結果を以下に示す。

表 3-12RC 床版のひびわれに関する重回帰分析結果

橋種	評価部材	影響因子	係数	標準誤差	t 値	p 値	決定係数 R2
		橋齢	-4.70×10^{-4}	$1.16E \times 10^{-4}$	-4.07	$4.77 imes10^{-5}$	
		大型車交通量	9.97×10^{-7}	1.84×10^{-6}	0.54	0.59	
鋼橋	RC 床版	支間長	-3.04×10^{-3}	8.48×10^{-5}	-35.85	1.11×10^{-277}	0.031
		凍結防止剤	-2.08×10^{-4}	1.90×10^{-5}	-10.97	$5.65\! imes\!10^{ ext{-}28}$	
		塩害	0.0556	0.0105	5.32	1.07×10^{-7}	

- ・t 値が示す影響の大きさは支間長 (35.85) の影響が大きく、続けて凍結防止剤 (10.97) 、塩害 (5.32) の順で影響が大きい結果である。最も影響が小さい影響因子は大型車交通量であり、t 値の 絶対値も2以下であるため、損傷程度への影響度は小さいという結果である。
- ・p 値に関して支間長、凍結防止剤、塩害のいずれも 5%未満であることから、損傷程度の劣化予測について有効な影響因子である。
- ・決定係数 R2 は 0.031 であり、選択した影響因子による損傷程度の低下に対する影響の割合は約 3.1%程度で、当てはまりはよくない。

3.3.6 うきの発生状況

橋梁点検 1 巡目(2014~2018 年度)の点検調書より、対象部材は鋼橋の RC 床版、コンクリート桁 とし、損傷種類 "うき" (a, e) の発生している橋梁を抽出した。ただし、第三者影響を有する橋梁は除外した。

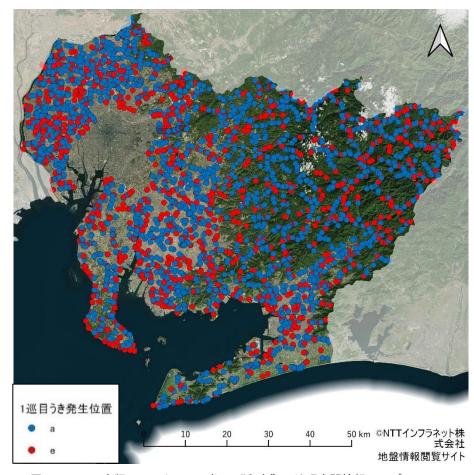


図 3-64 RC 床版、コンクリート桁の"うき"の地理空間情報へのプロット

あわせて建設年代との関係をグラフに示す。

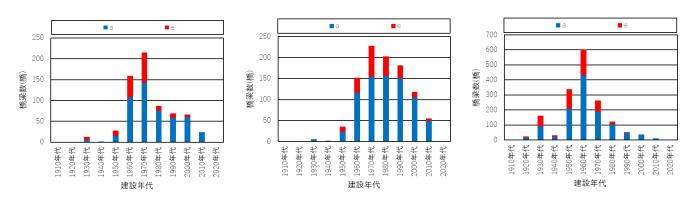


図 3-65 (左) 鋼橋 RC 床版 (中) PC 橋 上部工 (右) RC 橋 上部工

分析の結果、RC 床版、コンクリート桁のうきは、地域において偏りなく発生している。 RC 床版、コンクリート桁に関わりなく、損傷度 e のうきの発生がみられる。建設年代による偏りもみられなかった。

3.3.7 塗膜割れ・ボルトのゆるみ・脱落の発生状況

橋梁点検 1 巡目($2014\sim2018$ 年度)の点検調書より、鋼橋における損傷種類の"き裂"および"ボルトゆるみ・脱落"の発生している橋梁を抽出した。

き裂およびボルトのゆるみ・脱落の発生状況について、橋梁の経過年と大型車交通量(台/12 時間)の分布の結果を、図 3-66、図 3-67 に示す。

疲労き裂が疑われる塗膜割れが確認された橋梁は図 3-66 に示す 32 橋(全体の 3.3%) であり、多くが建設後 40 年以上を経過した橋である。

ボルトの脱落が確認されている橋梁の多くも、建設後 40 年以上を経過した橋が多い。ここでは F11T 使用との関係性は確認できなかった。

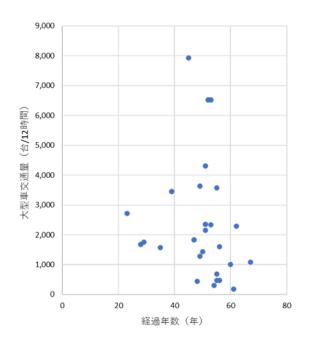


図 3-66 き裂の経過年と大型車交通量における発生状況

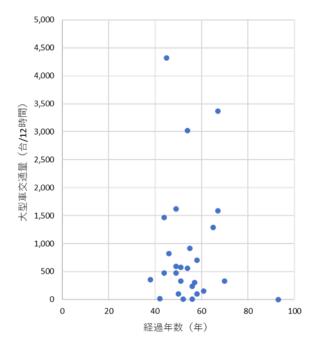


図 3-67 ゆるみ・脱落の経過年と大型車交通量における発生状況

3.4 まとめ

3.4.1 劣化傾向分析

1) 全体

- ・橋梁全体としては、経年的に劣化が進行する傾向である。
- ・個々の橋梁の劣化進行には、大きなばらつきがある。

2) 橋種別

- ・鋼橋、PC橋、RC橋は、経年的な劣化傾向にあるが、ボックスカルバートは明確でない。
- ・橋梁種別の経年劣化傾向について、健全度で比較した場合では、鋼橋の劣化が最も早く、RC 桁、PC 桁は、ほぼ同等である。ボックスカルバートは、ばらつきが比較的大きく健全度はあまり低下しない。

3) 部材別・損傷種類別

- ・鋼主桁の損傷およびコンクリート部材の剥離・鉄筋露出については、経年的な劣化傾向がみられる がコンクリート部材のひび割れは、経過年との相関性が低い。
- ・部材種別や損傷別の劣化進行について比較した場合は、鋼橋の腐食、RC 床板や RC 桁の剥離・鉄筋 露出の劣化が早く、コンクリート主桁で比較した場合は、RC 桁の劣化進行が最も早く、PC 桁では ポステン桁の方がプレテン桁よりやや早い。
- ・PC 桁は基本的に劣化に強い傾向であるが、損傷が確認された場合は、早期に損傷程度が悪くなる。
- ・鋼主桁およびコンクリート主桁では、桁端部の方が中間部と比べ劣化の進行が早い。
- ・鋼桁端部の腐食は、伸縮装置が損傷している場合、劣化の進行が早く早期に損傷程度が悪くなる。
- ・RC 床版のひびわれに対する大型車交通量(5,000台/日以上)の影響は、それほど大きくはない。
- ・RC 床版の剥離・鉄筋露出は、凍結防止剤散布の散布量が多い地域で、劣化進行が早い。
- ・コンクリート主桁の劣化については、塩害地区(海岸線から 200m 以内) データのばらつきが大きいが、非塩害地区との比較では劣化進行に明確な差はみられない。
- ・ASR は、対策の通達がされた 1986 年以前に建設された橋梁で損傷が多い。
- ・空間情報を活用した損傷状況の把握では、ASR やうきの発生状況を含め、特定の地域性は確認できなかった。
- ・鋼主桁の腐食や RC 床板のひび割れについて、説明変数を絞り込み重回帰分析を行ったが、説明性のある結果は得られなかった。

3.4.2 今後の予防保全措置段階の橋梁に対する対策の方向性

- ・経年的に劣化が進行することから、建設年次が古い橋梁を優先する。
- ・劣化進行が比較的速い鋼橋の腐食や、コンクリート桁の中では劣化進行の早い RC 橋の剥離・鉄筋 露出を優先する。
- ・端部は、損傷程度が悪くなりやすいため、損傷した伸縮装置の取り替え等の漏水対策を優先する。
- ・PC 桁のひびわれ損傷が生じた場合は、損傷程度が悪くなりやすいため、早期に検討する。
- ・凍結防止剤の散布量が多い地区のRC床版は、劣化進行が早いため、早期に検討する。
- ・塩害地区の橋梁では損傷の発生にばらつきがあり、外観に顕著な損傷がなくとも飛来塩分が影響し 部材内部で鋼材腐食が進展している可能もあるため、調査を検討する。
- ・損傷数の多いうきは、経年的な劣化傾向や地域性がみられないことから、かぶり不足などの初期欠 陥が主な要因と考えられ予防保全的な修繕は困難と考える。そこで、第三者被害予防措置の範囲も 含め、早期措置段階となった時点での措置とする。

参考資料

- 1) 部材・部位の設定について
- 2)複合劣化について
- 3)空間情報へのプロット

1) 部材・部位の設定について

(1) 点検データの抽出

下記の点検調書のデータから分析用のデータを整理する。

- ・ "定期点検記録様式 (その7) 対策区分判定結果 (主要部材)"のデータ
- ・ "データ記録様式(その11) 損傷程度の評価記入表(主要部材)"のデータ
- ・径間毎、部材毎、要素毎の損傷種類・損傷程度等のデータ (実際には調書に現れない損傷程度 a のデータも含む)

		フリガラ		inù Ista						25	報名	(2)	豊橋選邦	\$19	管理	#	東三河	建設事務所	横梁	⊐-К в	R0-230006-03590)				
		40.06	1443	部材理	191	接供。	の程度				対策区	it i							診断結			╡				
					Ť	20,1461	12.00	1	補修等の必	· 要性	維持工事 対応する必		急対応	の必要性	詳細	関査の 要性		原因	24100			1				
		工種 杉	# 2	作 記号	部材	=+	最小					_	区分EG	D損傷					保全性	Dir.	見等					
			Th.	10.75	番号	級人	ACC. 11	区分B の損傷	区分CI の損傷	区分C2 の損傷	区分N 更 の損傷	医分		区分E2	区分SI の損傷	区分S2 の損傷	確定	推定	(部材単位)	, ,	1 76 47					
			+		↓						NT .	Ø1	損傷 更	の損傷						ella one ell'illia cratti	これの際られる。 過年度か	4				
		\vdash	主	_	-	ь	ь	ひびわれ					+					その他	1		われが見られる。 過年度か 逆 競手経過解除が従まれる	_				
		\vdash	±	_	\leftarrow	c	c	製剤・製売高立 無水・過剰可定				-	+			_		その他	1	ひびわれからの選挙を	接からの適行は見られない 石灰が見られる。過年後から	- 1				
		\vdash	主主	-	01	d	d	28-55E:					+					その他		進行は見られない。	通年後からの進行は異られ					
		-) ±	_	•	d	d	ひびわれ					+					その他		い。 個a 2mm程度のO-U-I	われの見られる。過年度から	i,ao				
		-	2 差	_	01	d	d	※4・過ぎる			_	+	+			_		その他	,		競争経過観察が発生れる。 記録石灰が見られる。通年8 へ	i i				
			1000	ii Cr	01	a	0						_					Tools	1.	もの避所は見られない	\					
										1	_		_ [超度 34	41' 24 3	- 1	親度 34"	41' 246"			7				
		データ語	绿株式	(その11) 損傷	程度の	評価語	入表(主事	要部材)	径間	務 号	1	[起点倒	経度 137	19' 011	終点:	程度 137	18' 58.2"	模梁ID	03090-0					
		フリカ		tEnシ 藻標						路線:	g	(2)豊穣	建美粮		管理者		東三河建設	事務所	模梁□	−F BR	0-230006-03590					
		10.30	1 17	A-1100				8材理別		1			384	1程度			排信				1	า				
		工程	871	14		名章	_		22号	要素番号	損傷程度	か評価		計画の	た値	単位	損傷 バターン		損傷の種類		分類					
		s	c	主	Hī				Mg	0101	ь						(99)	ひびわれ								
		s	0	主	łfi				Mg	0101	с							剥離・鉄筋露出								
		s	c	主	łfi				Mg	0101	d							清水·遊離石 灰								
		s	c	主	Hī				Mg	0304	d							剥離・鉄筋露出								
		s	c	主	łfi			\neg	Mg	0601	d						(4)	ひびわれ								
		s	С	横	łfi				Cr	0101	d							清水·遊離石 灰								
		s	0	横	łfi				Cr	0105	d							淵水·遊離石灰								
		s	-	_																		+				
		S	С	横	Ħī		Γ		Cr	0201	d							淵水・遊離石灰]				
		5	C	换	ff —	_			Cr	0201	d	分	·析	用	デー	-タ	一	**· 准据石区)作月	戊						
をフリ	√ 橋梁名 森梅	v #	5材種5	* 部材	_	部材料	15-1	最傷の利。		対策図		<mark>∮</mark> ▼ 損信	無籍者 -	損傷種者	- 対策工	▽直接	工事。原	覧表 <i>0</i>		▼所見	▼ 健全度(▼ 個	建全度 (▼ +	健全度(**	健全度(『	健全度(『	- {
ション	森橋	v #	材種別	▼ 部材 Mg Mg	_	部材料	7 e	最傷の利。		対策区 C1 B			集種美 = 12 6	損傷種類うき ひびわれ	* 対策工 主桁0:	・ 直接 のう	エ4 - 原 0 そ 0 そ	覧表 Ø		所見2 うきが生1 ひびわれ	b I I	全度(~)	健全度(= II II	健全度(II II	健全度(II II	
ゆゆり	森橋森橋森橋	¥ ##	3材種5 桁	▼ 部材 Mg Mg Mg	_	部材料	7 e 3 b 7 e 1 d	最傷の利。		- 対策区 C1 B C1 B		5 = 損信 3 2 3 2	新種	損傷種類 うき ひびわれ うき 漏水・遊	 対策工 主析0 主析0 主析0 主析0 	v 直接 のう のし うき	エリー原 0 そ 0 そ 0 そ 0 そ	記表の 図 ・鍵全所 の他 II の他 II の他 II		 所見 2 うきが生 1 ひびわれ 2 うきが生 1 遊離石原 	じ II II II か II II II まか II II II		健全度() = II II II II	健全度(* Ⅱ Ⅲ Ⅲ	健全度()。 II II II II	- 6
ゆうりゅう	森橋森橋森橋森橋森橋	w 100 mm 1	材種別 桁 桁 桁	* 部材 Mg Mg Mg Mg	_	部材料	7 e 3 b 7 e 1 d 1 e	最傷の利。	損傷の利 e b	- 対策原 C1 B C1 B C1 B		5 ~ 損化 3 2 3	無種類 = 12 6 12 8 12 6	損傷種類 うき ひびわれ うき 漏水・遊 うき	 対策工 主桁0: 主桁0: 主桁0: 主桁0: がひわ 	v 直接 のう のひ うき 際 復コ れ注	エリ・原 0 そ 0 そ 0 そ 1320 そ 76 そ	を表する。		 所見 2 うきが生 1 ひびわれ 2 うきが生 1 遊離石灰 2 うきが生 1 1方向の 	じ II		II II II	II II II	健全度(『 II II II II II	- (
(3) (3) (3) (3) (3) (3) (3) (3) (3) (3)	森橋森森橋森森橋森森橋森森橋	w M. 11	材種別	· 部材 Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg	_	部材料	7 e 3 b 7 e 1 d 1 e 1 b 1 d 7 d	最傷の利。	損傷の利 e b	- 対策原 C1 B C1 B C1 C1 C1 C1		5 = 損信 3 2 3 2 3 2 3	第種	損傷種類 うき ひびわれ うき 漏水・遊 うき ひびわれ 湯 瀬・数	 対策工 主桁0 主桁0 主桁0 軽極面がわ がびわ 離主桁0 離主桁0 	v 直接 のう のし うき 察復エ れ注 のう	エリ・原 0 そ 0 そ 0 そ 0 そ 1320 そ 76 そ 0 そ	を表 の		 所見 2 うきが生 1 ひびわれ 2 うきが石以 2 うきが石以 2 うきが年 2 うきが生 1 方向の 2 ひびわれ 2 剥離・鉄 	じ II					
ら ら ら ら ら ら ら ら ら ら ら ら ら ら	森橋橋森森橋橋橋橋橋橋橋橋橋橋橋橋橋橋		材析析析析析析析析析析析析析	* 部材 Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg	_	部材料	7 e 3 b 7 e 1 d 1 e 1 b 1 d 7 d 7 d 7 d 7 d	員傷の利。	損傷の利 e b e d d d	* 対策区 C1 B C1 B C1 C1 B C1 C1 C1 B		5 · 損信 3 2 3 2 3 2 3 2 3 2 3 2 3 2 3 2 3 2 3	新種 刻 = 12 6 12 8 12 6 8 7 7 8	損傷種類 うき ひびわれ うき水・遊 うびひれ 漏剥離・遊 湯離・鉄 搬職・鉄	 対策工 主桁0 主桁0 主桁の を 主経断のび桁0 が主 が が を が を を を を を を を を を を を を を を	▼ 直接 のうので うき 変しれのの のう のう	エリ・原 0そ 0そ 0そ 1320 76 6 0そ 0そ 0そ 0そ 0そ 0そ 0そ 76 0そ 0そ 76 0 0 0 76 0 0 0 0 76 0 0 0 0 0 0 0 0	We continue of the continu		 所見 2 うきが生 1 ひびわれ 2 うきが石灰 2 うきが石灰 2 うきが石灰 2 うちかろり 1 近海が左 1 1 方向の 2 ひびわれ 2 剥離・鉄 3 剥離・鉄 	U II					- (
(B)	森森森森森森森森森森森森森	* W. 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11	材析析析析析析析析析析析析析析	* 部材 Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg	_	部材料	7 e 3 b 7 e 1 d 1 e 1 b 1 d 7 d 7 d 7 d 7 d 7 d 7 d 7 d 7 d 7 d	最傷の利。	損傷の利 e b e d d d	* 対策原 C1 B C1 B C1 C1 C1 C1 C1 C1 C1 C1		5 * 損信 3 2 3 2 3 2 3 2 3 3 2 3 3 3 3 3	新種	損傷種類 ひびわれ うき いがわれ うき ひがれた 遊 利 が 連 対 が が が が が が が が が が が が が が が が が	* 対策 対抗の 主析の 主析の を経動の びよれ過剰が がまた を を を を を を を を を を を を を を を を を を を	▼ 直接 のうのし うき 寝 1 れのし のう のし のう	エ4・原で 0でで 0でで 1320で 76 0でで 0でで 0でで 0でで 0でで 0でで 0でで 0でで 0でで 0で	図 (健全) 日本 (伊全) 日本 (伊全) 日本 (伊全) 日本 (伊全) 日本 (中央) 日本 (中		* 所見 2 うきが生 1 ひびわ生 1 ひびわ生 2 うきが写 2 うきが写 2 うきがの 2 ひび離 2 うきがの 2 ひび離 2 対離 2 対離 3 が 2 が 2 が 2 が 2 が 2 が 2 が 2 が 2 が 3 が 4 が 5 が 5 が 5 が 5 が 5 が 5 が 5 が 7 か 7 か 8 が 8 が 8 が 8 が 9	U H B B B B B B B B B B B B B B B B B B					- 1
(3)(3)(3)(3)(3)(3)(3)(3)(3)(3)(3)(3)(3)(森森森森森森森森森森森森森森森		材析析析析析析析析析析析析	* 部材 Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg	_	部材料	7 e 3 b 7 e 1 d 1 e 1 b 1 d 7 d 7 d 7 b 7 b	最傷の利。	損傷の利 e b e d d d d	* 対策区 C1 B C1 B C1 C1 B C1 C1 C1 C1 C1		5 · 損信 3 2 3 2 3 2 3 2 3 2 3 2 3 2 3 2 3 2 3	新種類 = 12 6 12 8 12 6 8 7 7 8 7 6 8 12 6 8 12 6 6 8 7 7 6 8 7 7 6 8 8 7 7 6 8 8 8 7 7 8 8 8 8	損傷種類 うき いびわれ うき いびわれ 遊 利水・遊 がなわれ 遊 がなわれ が が が が が が が が が が が が が が が が が が が	対策析の 主主桁の 主主経断の を を が を を が を が を を が を を が を を を を を	▼うている ・・うでした ・・うでできる。 ・うでできる。 ・っでででできる。 ・っでできる。 ・っでできる。 ・っでできる。 ・っでできる。 ・っでできる。 ・っでできる。 ・っででできる。 ・っでできる。 ・っでできる。 ・っでできる。 ・っででできる。 ・っででできる。 ・っででできる。 ・っででできる。 ・っでできる。 ・っででできる。 ・っででできる。 ・っででできる。 ・っででできる。 ・っでででででできる。 ・っででできる。 ・っででできる。 ・っででででででできるででででででででででででででででででででででででででででで	エリ・原で 0でで 0でで 1320で 76でで 0でで 0でで 0でで 0でで 740で 740で 105で	を		▼ 所見 2 うきが生れ 2 うきが生れ 2 うきが年 1 遊離が石 2 うち向 2 ひび離離 1 1 1 2 うきが白 2 ひび離離 2 到遊離 4 日 2 りび離れ 2 りび離れ 2 りび離れ 2 りび離れ 2 りび離れ 2 りび離れ 2 りがきがなり 2 りびがきなり 2 りびがをある。 2 りびがをある。 2 りびをある。 2 りがをある。 2 りびをある。 2 りがをある。 2 りがをかる。 2 りがをかをかる。 2 りがをかる。 2 りがをかをかをかる。 2 りがをかをかをかをかをかをかをかる。 2 りがをかをかをかをかをかをかをかをかをかをかをかる。 2 りがをかをかをかをかをかをかをかをかをかをかをかをかをかをかをかをかをかをかをか	じ II					
ロションション ロンコンションション	森森森森森森森森森森森森森森森森		材析板桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁	w 部材 Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg	_	部材料	7 e 3 b 7 e 1 d 1 e 1 b 1 d 7 d 7 d 7 d 7 d 7 d 1 e 1 d 5 d 5 d	最傷の利。	操傷の割e e d d e b d d d d d d d d d d d d d d d	- 対策E C1 B C1 B C1 C1 C1 C1 C1 C1 C1 C1 C1 C1		5 · 損傷 3 · 2 · 3 · 3	新種類 = 12 6 12 8 12 6 8 7 7 8 7 6 8 12 6 8 12 6 6 8 7 7 6 8 7 7 6 8 8 7 7 6 8 8 8 7 7 8 8 8 8	損害 場合さいのかれ あきいびわれ あきいびかれ 過き のびわれ 過き のびわれ 過き のびわれ 過き のびれれ 避かれ が必れ が必れ が必れ が必れ が必れ が必れ が必れ が必	・ 対策析の 対主主格の 主主経断が維筋・ ・ 対策が ・ 対 が ・ 対 が ・ 対 が ・ 対 が ・ が が ・ が が ・ が が が が が が が が が が が が が が が が が が が	▼うている。 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	Tボー原で 0 でそそで 1320でそでで 0 でそぞで 0 でそぞで 0 でそぞで 740 105で	を		 所見が生まり うきがわまり うきがわまり うきがれまり うきがらり りがわれまり りがされまり りがされまり りがされまり りががなり りきが自り りきが自り りきをから りきをから りきをから りきをから りきをから りきをから りまる <l< td=""><td>じカロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></l<>	じカロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ					
(3) (3) (3) (3) (3) (3) (3) (3) (3) (3)	森森森森森森森森森森森森森森森森森森森森森森森森森森森森森森森森	(a) (b) (c) (c) (c) (c) (c) (c) (c) (c) (c) (c	材析桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁	* 部材 Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg CC CC	_	部材料	7 e 3 b 7 e 1 d 1 e 1 b 1 d 7 d 7 d 7 d 7 d 1 e 1 d 2 a 1 a	最傷の利。	損傷の利 e b d d d d d d	* 対策医 C1 B C1 B C1 C1 C1 C1 C1 C1 C1 C1 C1 C1 C1 C1		5 · 損信 3 · 2 · 3 · 2 · 3 · 2 · 3 · 2 · 3 · 3	新種	損き ひびき水・遊 がき水・遊 があれる があれる が水離水離が水 が水離水離が水 が水離水離が水 が水離水離が水 が水離水離が水 が水離水離が水 が水離水離が水 が水離水離が水 が水離水離が水 が水離水離が水 が水 が水 が水 が水 が水 が、 が、 が、 が、 が、 が、 が、 が、 が、 が、	・ 対主主経断の 対主主経断の を 対主主経断の を を が が が を が が を が が が が が が が が が が が が が	▼すっているできます。 「あっているできます。」では、 「できます。」では、 「できます。」では、 「できます。」では、 「できます。」では、 「できます。」では、 「できます。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できままする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。。 「できまする。 「できまする。 「できまする。 「できまする。 「できまする。 「できまする。 「できまする。 「できまする。 「できまする。 「できまする。 「できまする。 「できままする。 「できままする。 「できままする。 「できままする。 「できままする。 「できままする。 「できままする。 「できまする。 「できままする。 「できままする。 「できままする。 「できままする。 「できままする。 「できままする。 「できままする。 「できままする。 「できままする。 「できままする。 「できままする。 「できまままままままままままままままままままままままままままままままままままま	エリー原 0 そそ 0 そそ 1320 76 0 そそそそ 0 で 0 で 0 で 740 105 270 270 270 270	大		- 門見 かけい	U D D D D D D D D D D D D D D D D D D D					- 1
(ションションションションションションションションションションションション	弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃		材析桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁板板板	* 部材 Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Cr Cr Ds	_	部材料	7 e 3 b 7 e 1 d 1 e 1 b 1 d 7 d 7 d 7 d 7 d 1 e 1 d 2 a 1 a 6 a 6 a 6 a 6 a 6 a 6 a 6 a 6 a 6	員傷の利。	損傷の利 e b d d d d d d d d d d d d d d d d d d	▼ 対策図 C1 B C1 B C1 C1 C1 C1 C1 C1 C1 C1 C1 C1 C1 C1 C1		5 · 損信 3 · 2 · 3 · 2 · 3 · 2 · 3 · 2 · 3 · 3	新種	損きひらまかきない。 振きびき水きの水離水離が水をいる が変数がある。 が変数がなる。 がなる。 がな。 がなる。 がなる。 がなる。 がなる。 がなる。 がなる。 がなる。 がなる。 がなる。 がなる。 がな。 がなる。 がなる。 がな。 がなる。 がな。 がな。 がな。 がな。 がな。 がな。 がな。 がな	 対主主経動び主主経主主動びう断断器 対主主経動び主主経主主動びう断断器 は折析過面び析が過析が回じき面面出りがある。 	▼すっているできます。 「あっているできます。」では、 「できます。」では、 「できます。」では、 「できます。」では、 「できます。」では、 「できます。」では、 「できます。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できままする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。」では、 「できまする。。 「できまする。 「できまする。 「できまする。 「できまする。 「できまする。 「できまする。 「できまする。 「できまする。 「できまする。 「できまする。 「できまする。 「できままする。 「できままする。 「できままする。 「できままする。 「できままする。 「できままする。 「できままする。 「できまする。 「できままする。 「できままする。 「できままする。 「できままする。 「できままする。 「できままする。 「できままする。 「できままする。 「できままする。 「できままする。 「できままする。 「できまままままままままままままままままままままままままままままままままままま	T # - 原 0 で 0 で 1320 で 76 で 0 で 0 で 0 で 0 で 740 で 270 で 270 で 270 で	図の他性 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日		● 所見 がわれ ・	じカロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ					
(3) (3) (3) (3) (3) (3) (3) (3) (3) (3)	弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃		材析桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁板膨膨膨	w 部材 Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg	_	部材料	7 e 3 b 7 e 1 d 1 e 1 d 7 d 7 d 7 d 7 d 1 e 1 d 5 d 2 a 1 a 6 a 6 a	操傷の利率	損傷の利 e b e d d d d d d d	マ 対策医 C1 C1 B C1		5 · 損信 3 · 2 · 3 · 2 · 3 · 2 · 3 · 2 · 3 · 3	第種類 12 66 122 8 8 12 66 6 7 7 6 6 8 8 8 1 2 6 6 7 7 7 6 6 7 7 7 7 6 6 7 7 7 7 7 7	損うさいかが 傷きいうきが、 があったが、 があったが、 があるが、 があるが、 があるが、 があるが、 がいきが、 がいるが、 がいが、	対主主経動の主義経動に 対主主経動の主義経主主動のう動動器 対応の観線の100個線が100個線が100個線が100個線が100個線が100個線が100個線が100線が100	▼うののう察復れのの察ののの復れ計 直接 では、 では、 では、 では、 では、 では、 では、 では、	エリー原でできます。 0 でそそぞでできます。 0 でそぞぞそぞぞでできます。 0 でそぞぞぞでできます。 0 でそぞぞぞぞぞぞぞぞぞぞぞぞぞぞぞぞぞぞぞぞぞぞぞぞぞぞぞぞぞぞぞぞぞぞぞぞ	● ● ● ● ● ● ● ● ● ●		● 所きむかせ 日本の はいます はいます はいます はいます はいます はいます はいます はいます	じカロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ ロ					
(3) (3) (3) (3) (3) (3) (3) (3) (3) (3)			材析桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁框 腹腹腹腹	▼ 部材 Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg	_	部材料	7 e e e e e e e e e e e e e e e e e e e	異態の利率	損傷の利 e b d d d d d d d d d d d d d d d d d d	** 対策区 C1 B C1 B C1 C1 C1 C1 C1 C1 C1 C1 C1 C1 C1 C1 C1		5 · 損信 3 · 2 · 3 · 2 · 3 · 2 · 3 · 2 · 3 · 3	12 6 12 6 8 8 12 6 6 8 8 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7	損うさいさ、から から か	 対主主経動のは、 対方のでは、 対方のでは、<td>▼うののう察復れのの察ののの復れ計 直接 では、 では、 では、 では、 では、 では、 では、 では、</td><td>エ利・原でです。 00でででです。 1320ででするできます。 00でできます。 00でできます。 00でできます。 00でできます。 00でできます。 00でできます。 00でできまするできをきをきをきをきをきをきをきをきをきをきををきををきをををををををををを</td><td>を記し、</td><td></td><td>● 所見 がおれまり 見かけが という という という という という という という という という という</td><td>U カビカビ 日 田 田 田 田 田 田 田 田 田 田 田 田 田 田 田 田 田 田</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>- (</td>	▼うののう察復れのの察ののの復れ計 直接 では、 では、 では、 では、 では、 では、 では、 では、	エ利・原でです。 00でででです。 1320ででするできます。 00でできます。 00でできます。 00でできます。 00でできます。 00でできます。 00でできます。 00でできまするできをきをきをきをきをきをきをきをきをきをきををきををきをををををををををを	を記し、		● 所見 がおれまり 見かけが という	U カビカビ 日 田 田 田 田 田 田 田 田 田 田 田 田 田 田 田 田 田 田					- (
(3) (3) (3) (3) (3) (3) (3) (3) (3) (3)	弃嵡窹弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃	W 17 17 17 17 17 17 17	材桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁版 医腹腹腹腹	w 部材 Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg	_	部材料	7 e d d d d d d d d d d d d d d d d d d	現場の利・	損傷の利 e b b e e d d d d d d d d d d d d d a a a a d d a a a a	* 対策医 C1 B B C1		5 · 損信 3 · 2 · 3 · 2 · 3 · 2 · 3 · 2 · 3 · 3	12 6 12 6 8 8 12 6 6 8 8 8 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7	損うびいき水きの温利温剤の漏うび剤剤剤剤床う剤温剤 傷きびき水きび水離水離が水きび離離離離版き離水離 が放射が発生が、一般鉄鉄鉄び、鉄道鉄	 ・ 直轄 ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・	▼ ののう際復れのの際ののの復れ計せています。 ・ 直接 ・ できまする。 ・ できまなる。 ・ できまなる。 ・ できまなる。 ・ できまなる。 ・ できまなる。 ・ できなる。 ・ できなるる。 ・ できなる。 ・ できなるる。 ・ できなるる。 ・ できなるる。 ・ できなるる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなるる。 ・ でき	エリー原 のそそそで 0 でそそでで 1320で 1320で 1320で 0 でそそでで 0 でそぞでで 0 でそぞでで 105で 270 270 270 270	個全 日本 日本 日本 日本 日本 日本 日本 日		● 所見がわが石が出り、 所うさいわが石が出り、 を取ります。 をなります。 をなります。 をなります。 をなります。 をなります。 をなります。 をはりまする。 をはります。 をはります。 をはります。 をはります。 をはりまする。 をはります。 をはりまする。 をはりまる。 をはりまる。 をはりまる。 をはりまる。 をはりまる。 をはりまる。 をはりまる。 をはりまる。 をはりまる。 をはりまる。 をはりまる。 をはりまる。 をはりまる。 をはりまる。 をはりまる。 をはりまる。 をはりなる。	□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □					
ションション ションションションションションションションションションションションションション	弃畜窹窹窹弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃		材桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁板版版版版版版版版版	■ 部材 Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg	_	部材料	7 e d 3 b 7 e e 6 a 1 d d 5 a 8 5 a	操傷の私。	損傷の利 e b d d d d d d d d d d d d d d d d d d	・ 対策 D C C C C C C C C C C C C C C C C C C		5 · 損信 3 · 2 · 3 · 2 · 3 · 2 · 3 · 2 · 3 · 3	第種類 - 12 6 12 12 8 8 8 8 8 8 8 8 8 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7	損うびかれた。 しうがある。 しきがある。 はいきが、 では、 では、 では、 では、 では、 では、 では、 では	 ・ 直轄 監修 を表する。 ・ 支生主経断び主主経手主主がつう断断露れ 断石器排析 行過面び析行過面が計画面出 面突出水 田田水 100円 100円 100円 100円 100円 100円 100円 100	▼ ののう際復れのの際ののの復れ計せています。 ・ 直接 ・ できまする。 ・ できまなる。 ・ できまなる。 ・ できまなる。 ・ できまなる。 ・ できまなる。 ・ できなる。 ・ できなるる。 ・ できなる。 ・ できなるる。 ・ できなるる。 ・ できなるる。 ・ できなるる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなるる。 ・ でき	エ · 原そそそ · 原そそそそそそそそそそそそそそそそそそそそそそそそそそそそ	・ 保証 日本		型	10日					- {
(3) (3) (3) (3) (3) (3) (3) (3) (3) (3)			材桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁膨廠膨廠膨廠膨版版版	▼ 部材 Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg	_	部材料	7 e e 3 b 7 e e 6 a 1 d 1 e 6 a 1 d 5 a 6 a 6 a 6 a 6 a 6 a 6 a 6 a 6 a 6 a	操傷の利・	操傷の利 e b d d e b d d d d d d d d d d a a a d d a a a a	対策性 対策		5 · 操作 3 3 2 3 2 3 3 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	12 12 12 12 12 12 12 12	授うひう漏うひ漏刺漏刺ひ漏うひ剥剥剥剥束う剥漏刺漏う床をび水離水離び水きび離離離離原を離水離水を ひに 鉄鉄鉄鉄び 鉄道鉄道 ひい 鉄道鉄道 ひい 大道鉄道 かん いっぱい いっぱい かいかい かいかい かいかい かいかい かいかい かいかい	 整 機筋離筋、離 筋筋筋筋や 筋離筋離 力主主主経断ひ主主経主主主断ひう断断露れ 断石震排 れての10・10・10・10・10・10・10・10・10・10・10・10・10・1	▼ ののう際復れのの際ののの復れ計せています。 ・ 直接 ・ できまする。 ・ できまなる。 ・ できまなる。 ・ できまなる。 ・ できまなる。 ・ できまなる。 ・ できなる。 ・ できなるる。 ・ できなる。 ・ できなるる。 ・ できなるる。 ・ できなるる。 ・ できなるる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなるる。 ・ でき	エリー 原そそそ の の で そうそ で そう で で で で で で で で で で で で で で	「「「「「」」」 「「」」 「「「」」 「「」 「「」 「「」 」 「「「」 、 」 、 」 、 」 、 」 、 」 、 」 、 、 、 、 、		・	じが正正正正正正正正正正正正正正正正正正正正正正正正正正正正正正正正正正正正					- 1
	弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃		材桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁板版版版版版版版版版版版版版版版版版版版版版版	* 部材 Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg	_	部材料	7 e d 3 b 7 e d 3 b 7 e d 5 e	開傷の利。	損傷の利 e b b e e d d d d d d d d d d d d d a a a a d d a a a a	対策医 対策 対策 対策 対策 対策 対策 対策		5 * 操作 3 3 2 2 3 3 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	第種類 12 6 12 8 8 8 12 6 6 6 8 8 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7	操うひう派きの小標本等して、対象を強力を表して、 一般の	* ・ 主主主経断以主主経所、 様 、 ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・	▼ ののう際復れのの際ののの復れ計せています。 ・ 直接 ・ できまする。 ・ できまなる。 ・ できまなる。 ・ できまなる。 ・ できまなる。 ・ できまなる。 ・ できなる。 ・ できなるる。 ・ できなる。 ・ できなるる。 ・ できなるる。 ・ できなるる。 ・ できなるる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなるる。 ・ でき	工事。 原 そ で そ で で で で で で で で で で で で で で で で	・		・	17. カーリー・カー・カー・カー・カー・カー・カー・カー・カー・カー・カー・カー・カー・カー					0
M か	弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃		材桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁膨 腹腹腹腹腹腹腹腹腹腹腹	w 部材 Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg	_	部材料	7 e d 3 b 7 e 1 d 1 d 1 d 1 d 1 d 1 d 1 d 1 d 1 d 1	操觴の利率	操物の利益を b c d d d d d d d d d d d d d	対策取 対策取 で 対策取 で 対策取 で で で で で で で で で		5 · 操 3 2 2 3 2 2 3 3 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	第種類 - 122 6 122 8 8 122 8 8 7 7 8 8 8 7 7 6 6 6 7 7 7 7 7 7 7 7	操うひう流声を出る。 様きなど、水管水管では、水管水管をは、水管水管、水管水管、水管水管、水管水管、水管水管、水管水管、水	・ 主報 維新報務 離 新務務務務 が 新務務報 小雑務務務 対主主経町ひ主主経主主車町ひう町町露れ 町石露排 わて原出力での1000000000000000000000000000000000000	▼ ののう際復れのの際ののの復れ計せています。 ・ 直接 ・ できまする。 ・ できまなる。 ・ できまなる。 ・ できまなる。 ・ できまなる。 ・ できまなる。 ・ できなる。 ・ できなるる。 ・ できなる。 ・ できなるる。 ・ できなるる。 ・ できなるる。 ・ できなるる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなるる。 ・ でき	工刊 - 原 で の で で で で の の で で で で で で で で で で で	● 「		型 1 いかけい 1 に 1 に 1 に 1 に 1 に 1 に 1 に 1 に 1 に 1	10 日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日					
n シンシンシン シン	弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃弃		材桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁桁板版版版版版版版版版版版版版版版版版版版版版版	* 部材 Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg Mg	_	部材料	7 e d 3 b 7 e d 3 b 7 e d 5 e	操傷の利率	操傷の利 e b d d e b d d d d d d d d d d a a a d d a a a a	対策医 対策 対策 対策 対策 対策 対策 対策		5 * 操作 3 3 2 2 3 3 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	製 種類 - 122 8 8 122 122 8 8 122 122 122 123 124 127 127 77 77 77 77 77 77 77 77 77 77 77 77 7	操うひう派きの小標本等して、対象を強力を表して、 一般の	* ・ 主軽・ 離紡競・ 職・ 筋筋筋筋力・ 筋糖筋腫・ 心糖紡務維 対主主主経断ひ主主経主主主断ひう断断露れ・ 断石震排・ 九百震蔣 打 の10 0 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	▼ ののう際復れのの際ののの復れ計せています。 ・ 直接 ・ できまする。 ・ できまなる。 ・ できまなる。 ・ できまなる。 ・ できまなる。 ・ できまなる。 ・ できなる。 ・ できなるる。 ・ できなるる。 ・ できなるる。 ・ できなるる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなるる。 ・ できなるる。 ・ できなるる。 ・ できなるる。 ・ できなるる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなる。 ・ できなるる。 ・ できなるる。 ・ できなるる。 ・ できなるる。 ・ できなるる。 ・ でき	工刊 - 原 で の の で で で で で で で で で で で で で で で で	・		・	10月1日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日					

図 3-68 分析用データー覧表の作成イメージ

(2) 部材について

分析での部材は以下のように取り扱いを実施する。

部材は上部工、床版、下部工を取り扱う。

上部工では参考文献の"国総研資料第985号"と同様の部材を対象に分析を実施する。

鋼橋: 主桁を対象

コンクリート橋: 主桁を対象 床版: 鋼橋の RC 床版を対象 下部工: 橋台、橋脚を対象

(3) 部位について

部位については端部と中央部に区分する。 端部と中央部は点検データの部位データより区分する。



図 3-69 要素位置情報属性(上段:主桁 下段:床版)

2) 複合劣化について

(1) 防食機能の劣化→腐食

鋼部材において点検要領の損傷程度分類より「防食機能の劣化」が進展後に「腐食」が生じ始めると考えられることから、「防食機能の劣化→腐食」の複合劣化における組合せ区分を設定する。



図 3-71 点検要領における防食機能の劣化、腐食の損傷程度分類

- ・防食機能の劣化 e は腐食 b の状態に近いと考えられることから、これらを同一区分とする。
- ・腐食の劣化進行が、腐食深さが進行した後に腐食面積が拡がる場合は、 $b \rightarrow d \rightarrow e$ 、腐食面積が拡大した後に腐食が深くなる場合は、 $b \rightarrow c \rightarrow e$ に推移すると考えられることから、腐食 c,d を同一区分とする。
- ・単一損傷分析の結果から、防食機能の劣化 c, d の期間は極めて短いことから、組合せ区分では同一区分と設定する。

損傷の深さ 損傷の の拡 がり り 腐食c 腐食c 腐食c 腐食c

図 3-70 防食機能の劣化→腐食の推移

(2) ひびわれ→剥離・鉄筋露出

コンクリート部材では同様に「ひびわれ」が進展後に「剥離・鉄筋露出」が生じ始めると考える。



図 3-72 点検要領におけるひびわれ、剥離・鉄筋露出の損傷程度分類

- ・ひびわれが e まで進展したと同時期に剥離が発生する と仮定し、ひびわれ e と剥離 c を同一の組合せ区分と 設定する。
- ・単一損傷分析の結果から、ひびわれのb, c および剥離・鉄筋露出c の期間は極めて短いことから、組合せ区分では同一区分と設定する。

ひびわれ間隔→剥離・鉄筋露出



図 3-73 ひびわれ→剥離・鉄筋露出の推移

3) 空間情報へのプロット

以下、表 3-1 分析項目②に関する分析結果について、補足として積上げ棒グラフ、空間情報へのプロット(1巡目から2巡目点検への推移)を示す。

(1) 鋼橋 主桁 腐食

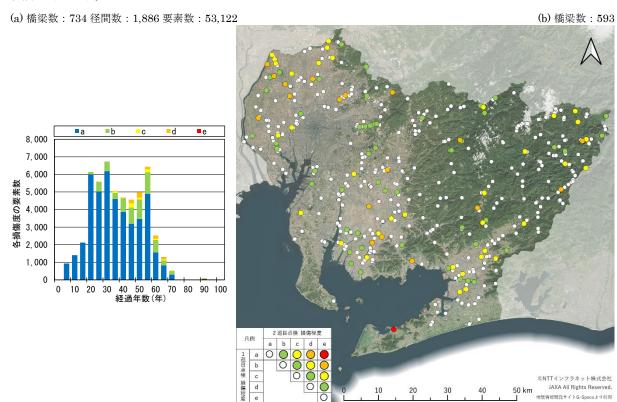


図 3-74 (a) 積上げ棒グラフ/(b) 空間情報へのプロット

(2) 鋼橋 主桁 腐食 桁端部

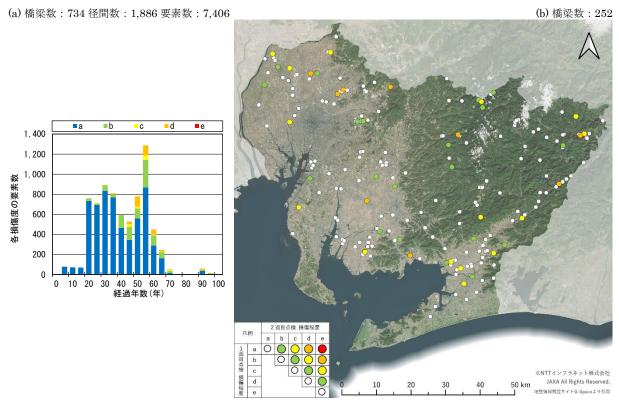


図 3-75 (a) 積上げ棒グラフ/(b) 空間情報へのプロット

(3) 鋼橋 主桁 腐食 中間部

(a) 橋梁教: 734 径間数: 1,886 要素数: 45,716

(b) 橋梁教: 562

7,000
6,000
5,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,000
1,

図 3-76 (a) 積上げ棒グラフ/(b) 空間情報へのプロット

(4) 鋼橋 主桁 防食機能の劣化

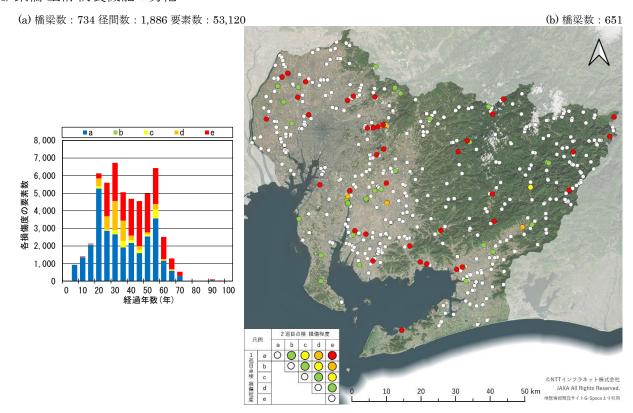


図 3-77 (a) 積上げ棒グラフ/(b) 空間情報へのプロット

(5) 鋼橋 主桁 防食機能の劣化 桁端部

(a) 橋梁数: 734 径間数: 1,886 要素数: 7,406

(b) 橋梁数: 252

図 3-78 (a) 積上げ棒グラフ/(b) 空間情報へのプロット

(6) 鋼橋 主桁 防食機能の劣化 中間部

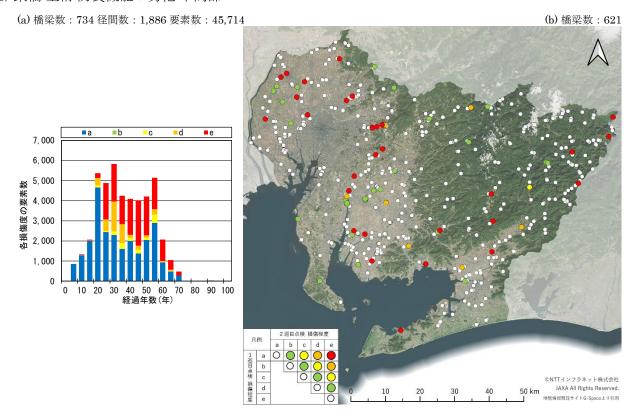


図 3-79 (a) 積上げ棒グラフ/(b) 空間情報へのプロット

(7) 鋼橋 主桁 防食機能の劣化→腐食(複合劣化)

図 3-80 (a) 積上げ棒グラフ/(b) 空間情報へのプロット

(8) 鋼橋 RC 床版 床版ひびわれ

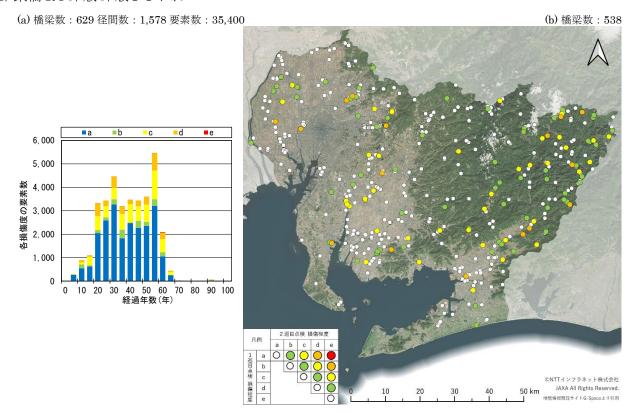


図 3-81 (a) 積上げ棒グラフ/(b) 空間情報へのプロット

(9) 鋼橋 RC 床版 剥離·鉄筋露出

図 3-82 (a) 積上げ棒グラフ/(b) 空間情報へのプロット

(10) コンクリート橋 ひびわれ

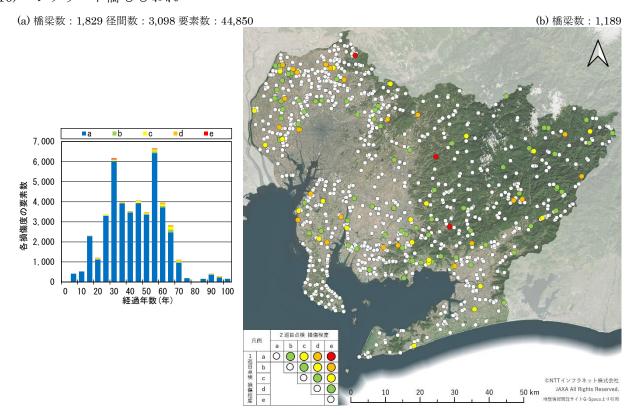


図 3-83 (a) 積上げ棒グラフ/(b) 空間情報へのプロット

(11) コンクリート橋 ひびわれ 桁端部

図 3-84 (a) 積上げ棒グラフ/(b) 空間情報へのプロット

(12) コンクリート橋 ひびわれ 中間部

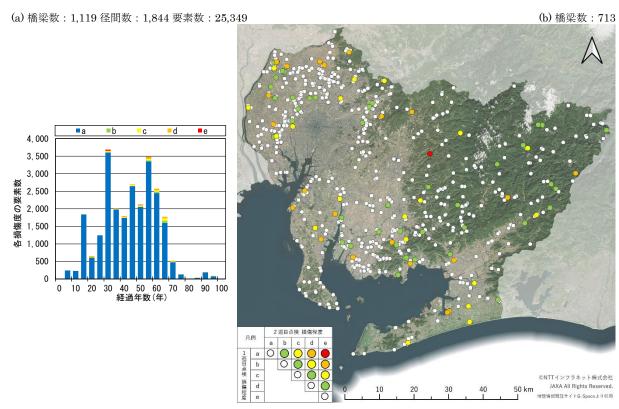


図 3-85 (a) 積上げ棒グラフ/(b) 空間情報へのプロット

(13) コンクリート橋 剥離・鉄筋露出

(a) 橋梁数: 1,829 径間数: 3,098 要素数: 44,853

(b) 橋梁数: 1,134

7,000

6,000

7,000

1,000

1,000

8過年数(年) 7,000

1,000

1,000

1,000

8過年数(年) 7,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

図 3-86 (a) 積上げ棒グラフ/(b) 空間情報へのプロット

(14) コンクリート橋 剥離・鉄筋露出 桁端部

図 3-87 (a) 積上げ棒グラフ/(b) 空間情報へのプロット

(15) コンクリート橋 剥離・鉄筋露出 中間部

(a) 橋梁数:1,119 径間数:1,844 要素数:25,351

(b) 橋梁数:665

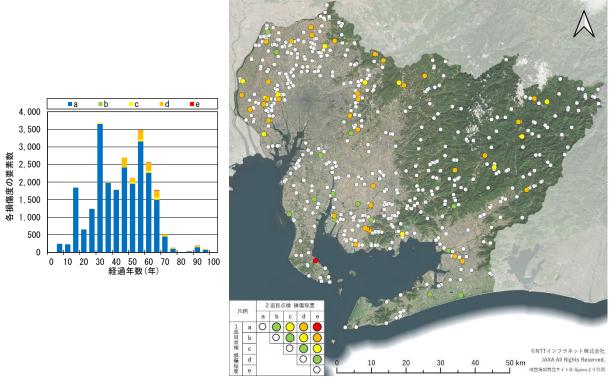


図 3-88 (a) 積上げ棒グラフ/(b) 空間情報へのプロット

(16) コンクリート橋 ひびわれ→剥離・鉄筋露出

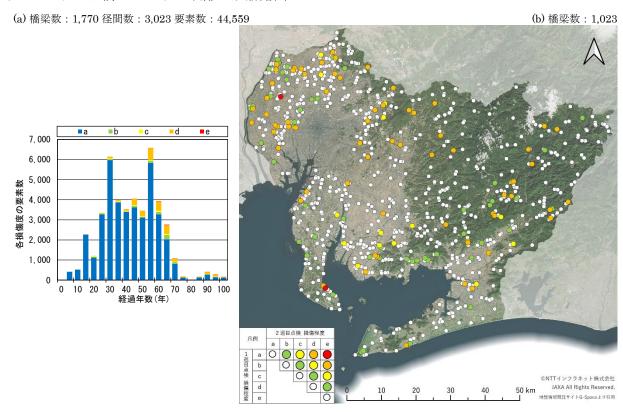


図 3-89 (a) 積上げ棒グラフ/(b) 空間情報へのプロット

(17) PC ポステン橋 ひびわれ

(a) 橋梁数: 191 径間数: 427 要素数: 21,034

(b) 橋梁数: 132

6,000

5,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1,000

1

図 3-90 (a) 積上げ棒グラフ/(b) 空間情報へのプロット

(18) PC ポステン橋 剥離・鉄筋露出

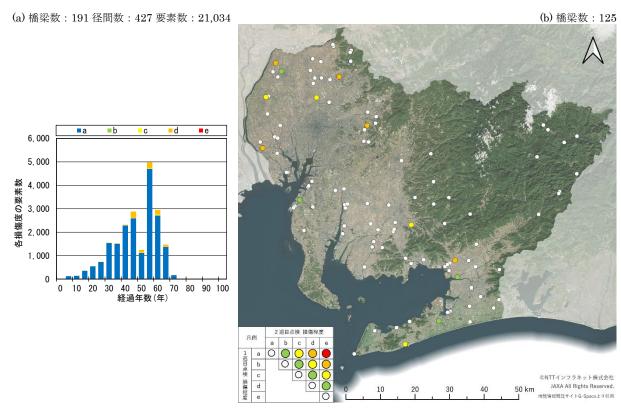


図 3-91 (a) 積上げ棒グラフ/(b) 空間情報へのプロット

(19) PC プレテン橋 ひびわれ

(a) 橋梁教: 581 径間数: 1,160 要素数: 54,283

(b) 橋梁教: 125

12,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10,000

10

図 3-92 (a) 積上げ棒グラフ/(b) 空間情報へのプロット

(20) PC プレテン橋 剥離・鉄筋露出

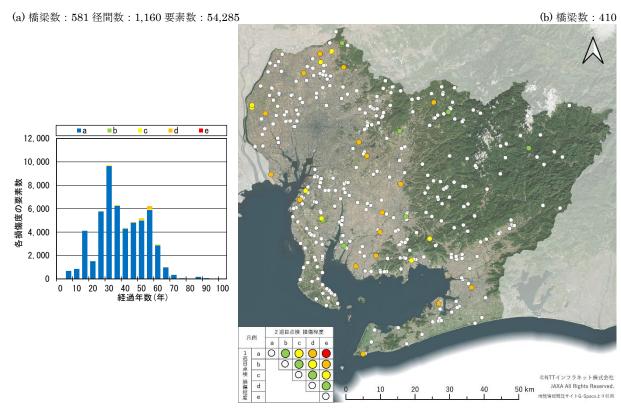


図 3-93 (a) 積上げ棒グラフ/(b) 空間情報へのプロット

(21) RC 橋 ひびわれ

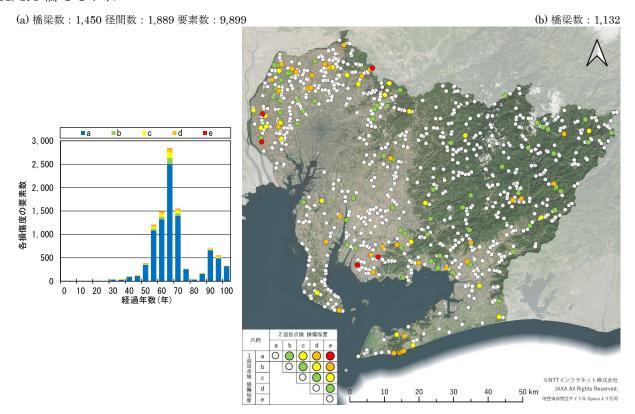


図 3-94 (a) 積上げ棒グラフ/(b) 空間情報へのプロット

(22) RC 橋 剥離·鉄筋露出

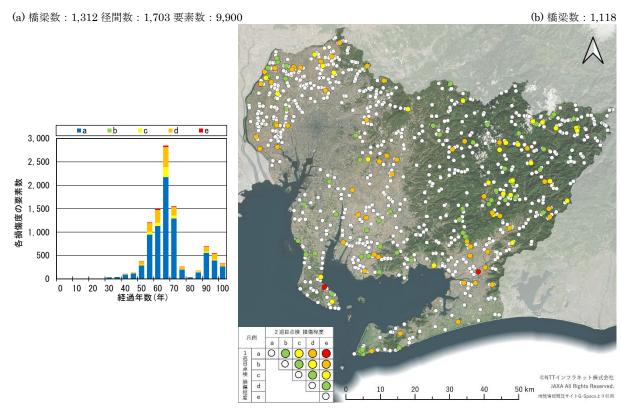


図 3-95 (a) 積上げ棒グラフ/(b) 空間情報へのプロット

(23) ボックスカルバート ひびわれ

(a) 橋梁数: 739 径間数: 797 要素数: 4,294

(b) 橋梁数: 697

図 3-96 (a) 積上げ棒グラフ/(b) 空間情報へのプロット

©NTTインフラネット株式会社 50 km JAXA All Rights Reserved. 地性情報問覧サイトG-Spaceより引用

(24) ボックスカルバート 剥離・鉄筋露出

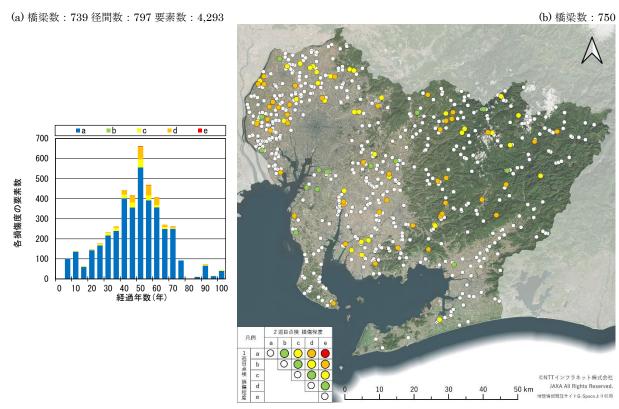


図 3-97 (a) 積上げ棒グラフ/(b) 空間情報へのプロット

(25) 下部工 ひびわれ

図 3-98 (a) 積上げ棒グラフ/(b) 空間情報へのプロット

(26) 下部工 剥離·鉄筋露出

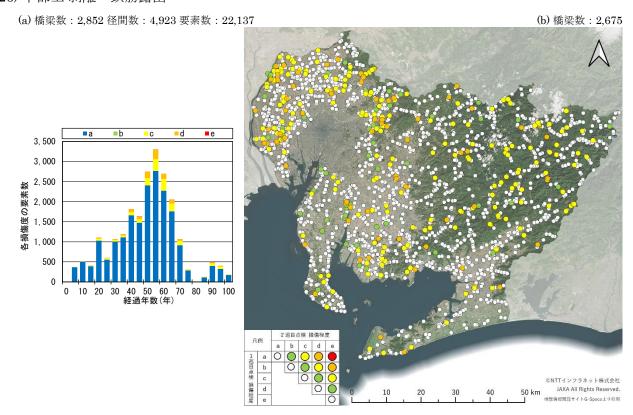


図 3-99 (a) 積上げ棒グラフ/(b) 空間情報へのプロット