

令和3年度 橋梁部会発表

鹿児島県建設コンサルタンツ協会 橋梁部会

1

鹿児島県建設コンサルタンツ協会（橋梁部会）の紹介

橋梁部会 名簿

部会長	末吉 智宏	(株)大翔	部会員	遠藤 倫輝	(株)大亜測量設計
副部会長	牧 和宏	(株)アジア技術コンサルタンツ		萬福 堅太	新和技術コンサルタント(株)
部会員	六反 雄一	(株)南日本技術コンサルタンツ		中村 剛久	(株)大進
	小原 英徳	鹿児島土木設計(株)		本村 聖斗	(株)建設技術コンサルタンツ
	橋西 雅也	(株)新日本技術コンサルタント		東川竜次郎	(株)サタコンサルタンツ
	安達 和也	三州技術コンサルタント(株)		畑中 宣昭	コスモコンサルタンツ(株)
	黒木 喬介	(株)みともコンサルタント		梯 太亮	霧島エンジニアリング(株)
	坂口 陽祐	(株)久永コンサルタント		津村 英明	(株)萩原技研
	鹿倉 良寿	(株)国土技術コンサルタンツ		永田 瑞樹	(株)錦城
	岩元 広幸	朝日開発コンサルタンツ(株)		有村 寿光	中央テクノ(株)
	久保蘭 司	大福コンサルタント(株)		二木 祐介	(株)日峰測地

22社

2

発表内容

第1部 H29道路橋示方書改定について
24道示と29道示の比較を交えて

第2部 効率的な維持管理について
新技術導入編

3

第1部 H29道路橋示方書改定について

4

第1部 H29道路橋示方書改定について

- 1-1. 橋、高架の道路等の技術基準
道路橋示方書(H29.11)改定の概要
- 1-2. 道路橋示方書(H29.11)改定による
設計変更事例
- 1-3. 維持管理の確実性及び容易さ
の観点から改善した事例

5

1-1. 橋、高架の道路等の技術基準 道路橋示方書（H29.11）改定の概要

注）本資料は、公的機関の審査を受けたものではありません。

6

道路橋示方書の変遷と内容

1. 明治19年 日本初の道路構造基準「国県道の築造標準」

初めて設計活荷重を規定 等分布荷重 455kg/m^2

大正8年、大正15年と荷重見直しが行われたが、まだ道路構造基準の一部であった。

大正15年の「道路構造に関する細則案」で、許容応力度法（及び割増）を規定した。

（1等橋で自動車荷重12t）

2. 昭和14年「鋼道路橋設計示方書案」 道路橋独自の技術基準として初

内容：1等橋、2等橋の規定に変更（従前は3等橋まで存在）

（1等橋で自動車荷重13t、地震の影響を考慮）

3. 昭和47～55年それまでの技術基準、指針等を取りまとめ「道路橋示方書」策定

「Ⅰ 共通編」「Ⅱ 鋼橋編」「Ⅲ コンクリート橋編」「Ⅳ 下部構造編」「Ⅴ 耐震設計編」からなる現在のスタイルとなった。

内容：コンクリートのクリープ、乾燥収縮の影響、土圧等の荷重規定 TT-43荷重規定

4. 平成5年 道路橋示方書改定

内容：道路構造令改正に伴う活荷重を変更（A活荷重・B活荷重） 1等橋・2等橋の区分廃止

T荷重の載荷方法変更

7

道路橋示方書の変遷と内容

5. 平成8年 兵庫県南部地震による被災を踏まえて「道路橋示方書改定」

内容：耐震設計の大幅な見直し（レベル2地震動に対する耐震設計を行うことが明確化）

高強度コンクリートの規定、ゴム支承に関する規定の充実

6. 平成14年 性能規定型の技術基準を目指し「道路橋示方書改定」

内容：橋に要求される性能及び橋を設計する上で留意しなければならない基本的な事項を設計の基本理念として明示

アスファルトの橋面舗装への防水層等の設置を明確化、耐久性向上を図るため施工に関する規定を充実

7. 平成24年 東日本太平洋沖地震をうけ「道路橋示方書改定」

内容：プレート型地震を考慮するためレベル2地震動（タイプ1）を見直し

津波に関する地域防災計画を考慮し橋梁の構造を計画することを規定

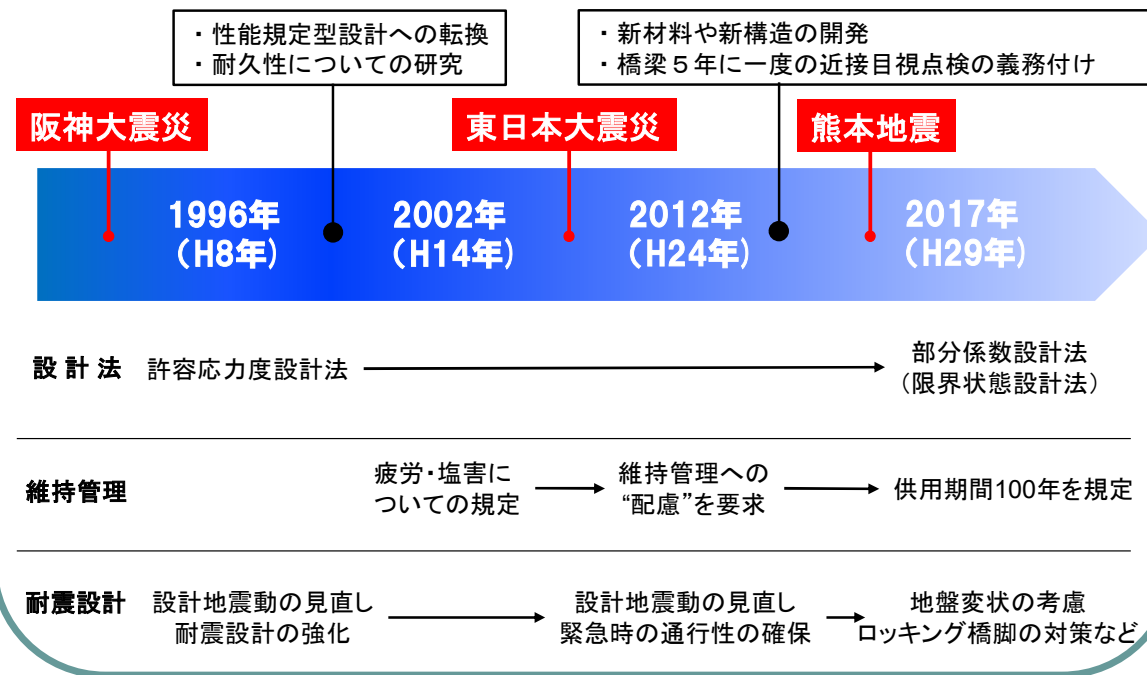
疲労設計の規定化、設計の合理化（高力ボルトなど）、

施工品質確保（溶接、架設時の安全確保など）

これらの変遷を経て、更に橋梁定期点検の法定化による道路橋の長寿命化に対する社会的ニーズの増加や、熊本地震による被災並びに復旧の経験を踏まえ、点検や修繕を確実に行うことができ、かつ、できるだけ維持修繕が容易な構造であること、万が一の場合にも粘り強い丈夫な構造であることを目標とし、性能規定化を一層推進すべく今回の改定に至った。

8

道路橋示方書の変遷と内容



9

道路橋示方書 (H29.11) 改定内容

- ① 橋の構造形式や使用材料の多様化により、橋梁形式や上部構造の主たる使用材料によって大別するのではなく、鋼部材とコンクリート部材をどのように組み合わせても橋としての性能を明確にするため編構成が見直された。
I 共通編, II 鋼橋・鋼部材編, III コンクリート橋・コンクリート部材編, IV 下部構造編, V 耐震設計編
- ② 橋全体系の性能評価が可能であるように、橋全体系として求める性能が明確化。橋全体系の性能を照査するための上部構造、下部構造等の性能の検証方法、さらに、それぞれを構成する部材等の性能の検証方法も階層的に要求性能と標準的な検証方法の組合せとして規定。
- ③ 橋の耐震性能の概念が発展的に解消されたことにより、橋の性能を構成するものとして、橋の耐荷性能、橋の耐久性能及び使用目的との整合性を満足するために必要なその他性能の3つが規定された。
- ④ 新たな材料や構造の採用が今後増加することを期待し、耐荷性能を評価するため、新しく橋の限界状態を規定。
- ⑤ 標準としての設計法は、部材単位で荷重支持能力と構造安全性の確保を行う従来の設計法を踏襲したが、今後新材料や新構造が採用されることを期待して、荷重や抵抗値のばらつきを考慮し、橋や部材が限界状態を超えないことを確実に達成できるように部分係数法の採用。
これに伴い、従来の許容応力度法は廃止。

10

道路橋示方書（H29.11）改定内容

- ⑥ 限界状態設計法や部分係数法の導入に伴って、鋼部材、コンクリート部材の荷重体系および設計体系が統一された。
複合構造も全編の規定を適用すれば設計可能
- ⑦ 耐震設計において、地盤変動の影響がない位置に架橋することを標準とする。
熊本地震の被災事例
- ⑧ 維持管理と一体で耐久設計を行うことを明確化。
部材毎に設計耐久期間を設定、交換も前提とできる。
- ⑨ プレキャスト化の流れを受け、接合部の要求性能を明確化。

【許容応力度設計法】

鉛直荷重、水平荷重に対して構造物の応力を求め、これにより生じる各部材の応力度が、その部材の許容応力度以下になるように設計する方法。

（許容応力度は、過去の経験により設定した安全率により求められたもの。）

【限界状態設計法】

構造物の安全性、使用性、修復性等の様々な要求性能に着目した各限界状態を設定し、その限界状態毎に定められた限界値を満足することを照査する設計法。

11

I 共通編 主な改定点

➤1章 総則 1.5 設計供用期間

条文に「100年を標準とする」と記載（H24までは解説扱い）

➤2章 橋の耐荷性能に関する基本事項

耐荷性能を、設計で区分される状況と橋の限界状態の組合せで規定

✓ 状況の区分：（永年作用・変動作用・偶発作用）支配状況

➤3章 設計状況

荷重と荷重組合せを部分係数法における作用として再構成

✓ WとLの組合せ、EQとTHの組合せなどを追加

✓ 係数はシミュレーション結果や従来の荷重組合せも参考にして設定

✓ 橋の連続化、部材の少数化など最近の動向を考慮して施工時荷重を設定

➤4章 橋の限界状態

機能面、安全面から、設計状況に応じた限界状態を規定

✓ 機能面からの橋の状態：機能が損なわれていない／速やかに回復できる

✓ 安全面からの橋の状態：致命的な状態でない

➤5章 橋の耐荷性能の照査

12

I 共通編 1章 総則（1.5 設計供用期間）

【I 編1.5】設計供用期間

橋の設計にあたっては、適切な維持管理が行われることを前提に橋が性能を発揮することを期待する期間として設計供用期間を定めることとし、100年を標準とする。

（ポイント）

- 100年で架け替えということではない。
- 100年の間に橋が遭遇する荷重で設計すること。

（解説）

- 目標期間が定まることで、設計の選択肢は増える。
- 例えば、「100年の間劣化せず、耐荷性能も不変だが非常に高価」な部材と、「劣化により30年で耐荷性能は低下するが、交換費用を含めても安価」な部材とを比較して選ぶことが可能。
- これまでもライフサイクルコストによる比較検討は重視されてきたが、条文に供用期間を規定したことで、維持管理までを見据えた設計はより重要性を増す。
- 今後は、まず維持管理の方針を定め、それに合わせて橋や部材の耐久性能を決めることが重要になる。

13

I 共通編 2章 橋の耐荷性能に関する基本事項

【I 編1.2.1】用語の定義

(10) 橋の性能

橋の耐荷性能や耐久性能、その他使用目的との適合性を満足するために必要な性能から構成される一連の性能をいう。

(11) 橋の耐荷性能

設計条件に対して、橋としての荷重を支持する能力の観点及び橋の構造安全性の観点から、橋の状態が想定される区分にあることを所要の信頼性で実現する性能をいう。

(12) 橋の耐久性能

設計供用期間に対して、材料の経年的な劣化が橋の耐荷性能に影響を及ぼさない状態を、所要の信頼性で実現する性能をいう。

➤ 橋の性能とは？

- ✓ 橋の耐荷性能 ⇒ 構造安定の担保
- ✓ 橋の耐久性能 ⇒ 耐荷性能の前提
- ✓ その他使用目的との適合性 ⇒ 耐荷と耐久に区別しづらいもの
例) たわみ、フェイルセーフ

14

I 共通編 2章 橋の耐荷性能に関する基本事項

橋の状況区分

橋の状況は永続作用・変動作用・偶発作用の3通りに区分される

表-解 2.1.1 作用の区分の観点

作用の区分	作用の頻度や特性	例
永続作用	常時又は高い頻度で生じ、時間的変動がある場合でもその変動幅は平均値に比較し小さい。	構造物の自重、プレストレス、環境作用等
変動作用	しばしば発生し、その大きさの変動が平均値に比べて無視できず、かつ変化が偏りを有していない。	自動車、風、温度変化、雪、地震動等
偶発作用	極めて稀にしか発生せず、発生頻度などを統計的に考慮したり発生に関する予測が困難である作用。ただし、一旦生じると橋に及ぼす影響が甚大であることから社会的に無視できない。	衝突、最大級地震動等

15

I 共通編 3章 設計状況／作用の種類（作用特性の分類）

表-解 3.1.1 作用特性の分類

	永続作用	変動作用	偶発作用
1) 死荷重 (D)	○		
2) 活荷重 (L)		○	
3) 衝撃の影響 (I)		○	
4) プレストレス力 (PS)	○		
5) コンクリートのクリープの影響 (CR)	○		
6) コンクリートの乾燥収縮の影響 (SH)	○		
7) 土 圧 (E)	○	○	
8) 水 圧 (HP)	(○)*	○	
9) 浮力または揚圧力 (U)	(○)*	○	
10) 温度変化の影響 (TH)		○	
11) 温度差の影響 (TF)		○	
12) 雪荷重 (SW)		○	
13) 地盤変動の影響 (GD)	○		
14) 支点移動の影響 (SD)	○		
15) 遠心荷重 (CF)		○	
16) 制動荷重 (BK)		○	
17) 風荷重 (WS, WL)		○	
18) 波 圧 (WP)		○	
19) 地震の影響 (EQ)		○	○
20) 衝突荷重 (CO)			○

※設計供用期間中の水位の変動幅や橋への荷重効果としての変動幅によっては、永続作用として扱うこともあり得る。

16

I 共通編 4章 橋の限界状態

【共通編4.1】橋の限界状態

(3) 橋の限界状態として、橋としての荷重を支持する能力に係わる観点及び橋の構造安定性の観点から橋の限界状態1から3を設定する。

1) 橋の限界状態1

橋としての荷重を支持する能力が損なわれていない限界の状態

2) 橋の限界状態2

部分的に荷重を支持する能力の低下が生じているが、橋としての荷重を支持する能力に及ぼす影響は限定的であり、荷重を支持する能力があらかじめ想定する範囲にある限界の状態

3) 橋の限界状態3

これを超えると構造安定性が失われる限界の状態

➤ 橋全体をシステム(補完性、代替性)として、橋の限界状態2や3を評価する方法は確立されていない

➤ 構造や部材等の限界状態で橋の限界状態を代表させる構造が望ましい

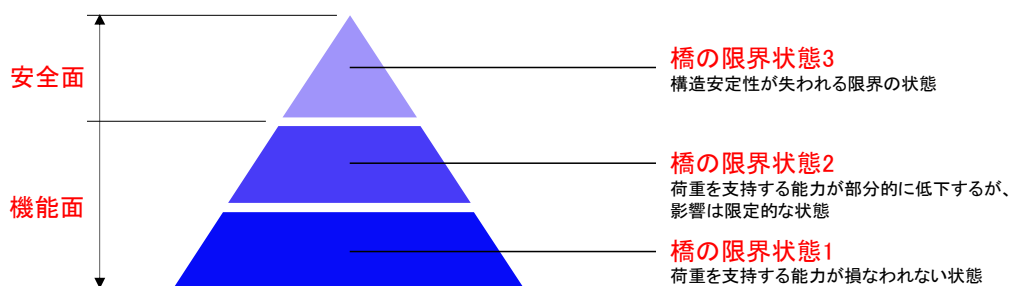
【共通編4.2】上部構造、下部構造、上下接続部の限界状態

【共通編4.3】部材等の限界状態

17

I 共通編 4章 橋の限界状態／限界状態の考え方

(1) 3つの限界状態の考え方



(2) 作用する荷重と限界状態の関係

通常作用する荷重 (自重、自動車荷重、温度など)	橋の限界状態1かつ 橋の限界状態3に対して安全性を確保	落橋しない、損傷しない
めったに作用しない荷重 (大地震など)	橋の限界状態2かつ 橋の限界状態3に対して安全性を確保	落橋しない、 損傷しても調査・修復が容易

18

【V 耐震設計編2.1】総則

(2) 橋の耐震設計にあたっては、耐震設計上の橋の重要度を、地震後における橋の社会的役割及び地域の防災計画上の位置付けを考慮して、表-2.1.1に示すように耐震設計上の重要度が標準的な橋及び特に重要度が高い橋（以下それぞれ「A種の橋」及び「B種の橋」という。）の2つに区分する。

耐震設計上の 橋の重要度の区分	対象となる橋
A種の橋	下記以外の橋
B種の橋	・ 高速自動車国道，都市高速道路，指定都市高速道路，本州四国連絡道路，一般国道の橋 ・ 都道府県道のうち，複断面，跨線橋，跨道橋又は地域の防災計画上の位置付けや当該道路の利用状況等から特に重要な橋 ・ 市町村道のうち，複断面，跨線橋，跨道橋又は地域の防災計画上の位置付けや当該道路の利用状況等から特に重要な橋

橋の耐荷性能は「状況」と「状態」の組合せにより定義される

【I 編5.1】橋の耐荷性能の照査

橋の耐荷性能1に対する照査(A種の橋)

状態 (2.2)	主として機能面からの橋の状態		構造安全面からの 橋の状態
状況 (2.1)	橋としての荷重を支持する能力が損なわれていない状態	部分的に荷重を支持する能力の低下が生じているが、橋としてあらかじめ想定する荷重を支持する能力の範囲である状態	致命的な状態でない
永続作用や変動作用が支配的な状況	橋の限界状態1を超えないことの実現性		橋の限界状態3を超えないことの実現性
偶発作用が支配的な状況			橋の限界状態3を超えないことの実現性

橋の耐荷性能2に対する照査(B種の橋)

状態 (2.2)	主として機能面からの橋の状態		構造安全面からの 橋の状態
状況 (2.1)	橋としての荷重を支持する能力が損なわれていない状態	部分的に荷重を支持する能力の低下が生じているが、橋としてあらかじめ想定する荷重を支持する能力の範囲である状態	致命的な状態でない
永続作用や変動作用が支配的な状況	橋の限界状態1を超えないことの実現性		橋の限界状態3を超えないことの実現性
偶発作用が支配的な状況		橋の限界状態2を超えないことの実現性	橋の限界状態3を超えないことの実現性

【I 編2.3】橋の耐荷性能

橋の耐荷性能は、耐震設計上の橋の重要度を考慮して、V 編2.1(2)にて設定する耐震設計上の重要度がA種の橋では橋の耐荷性能1を、耐震設計上の重要度がB種の橋では橋の耐荷性能2とすることを標準とする。

I 共通編

5章 橋の耐荷性能の照査／照査の手法

【改定前】許容応力度設計法
(ばらつき要因を1つの安全率で考慮)

(作用力)

$$F$$

<

(抵抗力)

$$\frac{1}{\text{安全率} (\geq 1.0)} \times R$$

【改定後】部分係数設計法
(安全余裕を要因別に分類)

(作用力)

$$\gamma_1 F_1 + \gamma_2 F_2 + \gamma_3 F_3 + \gamma_4 F_4 \dots$$

車両 死荷重 温度 風, 地震...

100年に生じる状況を模擬

<

(抵抗力)

$$\frac{1}{\Phi_R \times \xi_1 \times \xi_2 \dots} \times R$$

材料・耐荷力式 ばらつき 調査・解析の質 部材費弾性挙動特性

安全余裕を部分化し, 部分の改善を反映

$$\gamma_1 = \gamma_{pi} (\text{荷重組合せ係数}) \times \gamma_{qi} (\text{荷重係数})$$

21

I 共通編

5章 橋の耐荷性能の照査／

部分係数設計法のイメージ(1)

➤ 部分係数は、設計上見込む安全率を、荷重係数、部材係数、材料係数等の要因毎に細分化して示すものであり、多様な条件にきめ細かな設計が可能となる。

例) 鉄筋の必要本数

荷重 1 に対して
必要な本数



6本

+

荷重 2 に対して
必要な本数



3本

=

合計



9本

【改定前】許容応力度設計法



安全率「2」
とする場合

$$9 \times 2 = 18 \text{本}$$

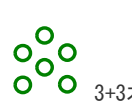
【改定後】部分係数設計法

荷重 1 の
安全率「1.5」



6+3本

荷重 2 の
安全率「2.0」



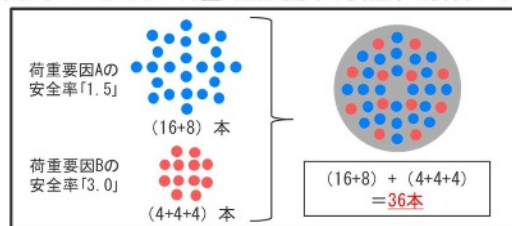
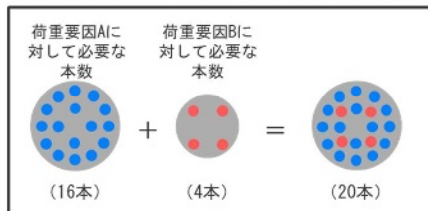
3+3本

$$(6+3) + (3+3) = 15 \text{本}$$

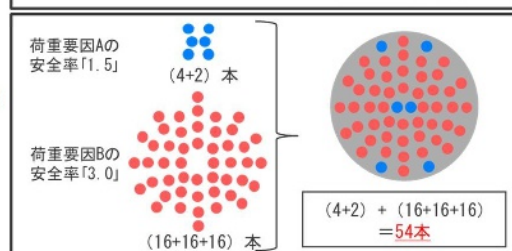
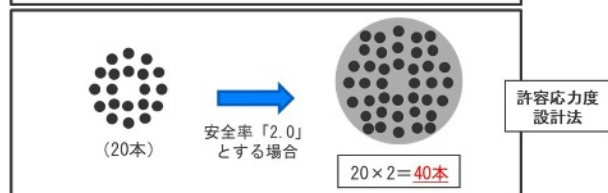
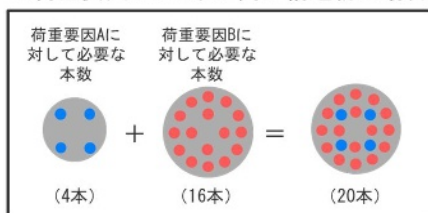
22

➤従来、許容応力度設計法では1つの安全率で計算していたところ、荷重発生要因毎の安全率で計算することにより、要因毎に適切に耐荷性能を考慮できる。

○荷重要因Aの比率が高い構造物の場合



○荷重要因Bの比率が高い構造物の場合



23

➤部分係数設計法の導入により、外力・抵抗力それぞれに対して、安全率を要因毎に細分化して設定することで、きめ細やかな設計が可能となる。今後は、多様な荷重条件や構造形式に対して安全率等が変更でき、合理的な設計によるコスト縮減が期待される。

➤荷重係数や荷重組合せ係数は、ISO2394を参考として新たに開発した評価法と、荷重組合せをシミュレーション結果に基づいて設定されている。100年間に生じ得る最も不利な載荷状態(非超過確率95%)を想定して決定されている。

➤抵抗係数中は、材料や施工品質のばらつきを考慮し、部材耐力として設定された「公称ばらつき」の5%程度の値になるように設定されている。このばらつきは、JIS材料、JIS工場、本邦資格技能者による施工が前提条件。

➤調査・解析係数と1は、モデル誤差全般を扱う部分係数であり、安全率が1.5程度(許容応力度の割増し相当)となるように逆算して設定。

➤部材・構造係数と2は、部材の挙動が非線形化した後の信頼性等を評価する係数であるが、従来の断面諸元を著しく変えることがないように1.0を基本として設定されている。

24

I 共通編 共通編のまとめ（要点）

- 結局は、(荷重組合せ係数×荷重係数×荷重)を載荷して応答を算出し、それを足し合わせる。制限値も、安全率が複数になっただけで、計算は変わらない。
- 「遭遇する状況(シチュエーション)」を想像して考えることが大事。
⇒ 死荷重や活荷重、自然現象…橋が置かれた状況を想像する…
- 耐荷、耐久、その他のそれぞれのフェーズに分けて、フェーズ毎に荷重組合せと制限値・閾値を確認するとよい。
- 許容応力度設計法における常時、地震時、暴風時といった設計ケースの読み替えて思い込むと、理解を難しくする可能性がある。
⇒ 例えば、地震時の影響を考慮するときを「地震時」としてくったり、それで部分係数を調整することもしていない。
⇒ 従来の示方書と対比しないこと。
⇒ **新しい示方書だという論理思考で読むこと。**

25

道路橋示方書（H29.11）用語の定義

- (1) 設計供用期間
適切な維持管理が行われることを前提に、設計の前提として橋が所要の性能を発揮することを期待する期間をいう。
- (2) 橋の性能
橋の耐荷性能や耐久性能、その他使用目的との適合性を満足するために必要な性能から構成される一連の性能をいう。
- (3) 橋の耐荷性能
設計状況に対して、橋としての荷重を支持する能力の観点及び橋の構造安全性の観点から、橋の状態が想定される区分にあることを所要の信頼性で実現する性能をいう。
- (4) 橋の耐久性能
設計供用期間に対して、材料の経年的な劣化が橋の耐荷性能に影響を及ぼさない状態を、所要の信頼性で実現する性能をいう。

26

道路橋示方書（H29.11）用語の定義

(5) 設計状況

橋の耐荷性能を照査するにあたって、地形、地質、気象、自動車の通行の状況等、橋が置かれる外的環境について、外的環境に関わる作用の組合せで代表させたものをいう。

(6) 限界状態

橋の耐荷性能を照査するにあたって、応答値に対応する橋や部材等の状態を区分するために用いる状態の代表点をいう。

(7) 作用

部材等に発生する断面力や変形等の状態変化を部材等に生じさせる全ての働きをいう。

(8) 荷重

部材等に働く作用を力に変換したものをいう。

27

道路橋示方書（H29.11）用語の定義

(9) 永続作用

設計供用期間内において、その大きさが大きく変動することなく継続的に、又は非常に高い頻度で部材等に影響を及ぼす作用をいう。

(10) 変動作用

設計供用期間内において、絶えず大きさが変動し、その作用の最大値又は最小値が部材等に及ぼす影響が無視できない作用をいう。

(11) 偶発作用

設計供用期間内に生じる可能性が極めて小さい、又は、その規模や頻度について確率統計的に扱うことが困難であるが、部材等に及ぼす影響が甚大である作用をいう。

28

1-2.

道路橋示方書(H29.11)改定による 設計変更事例

24道示と29道示の比較

29

【事例-1】河川改修による架け替え橋梁

1) 設計条件

橋長	L=27.50m	橋の重要度	A種の橋
有効幅員	W=4.00m	上部工形式	ポストテンション方式PC単純T桁橋
斜角	$\theta=90^\circ$	下部工形式	逆T式橋台 (A1:H=8.7m、A2:H=8.7m)
設計荷重	A活荷重	基礎工形式	直接基礎

2) 上部工変更箇所

- 最小かぶり規定の改定により、床版のかぶりを変更 (30→35mm)
- 鉄筋拘束の影響により、床版横締ピッチを変更 (600→500mm)
- 床版横締ピッチの変更により排水管などの位置を変更

3) 付属物変更箇所

- 遊間算定式の改定により、伸縮装置の規格を変更 (50用→60用)

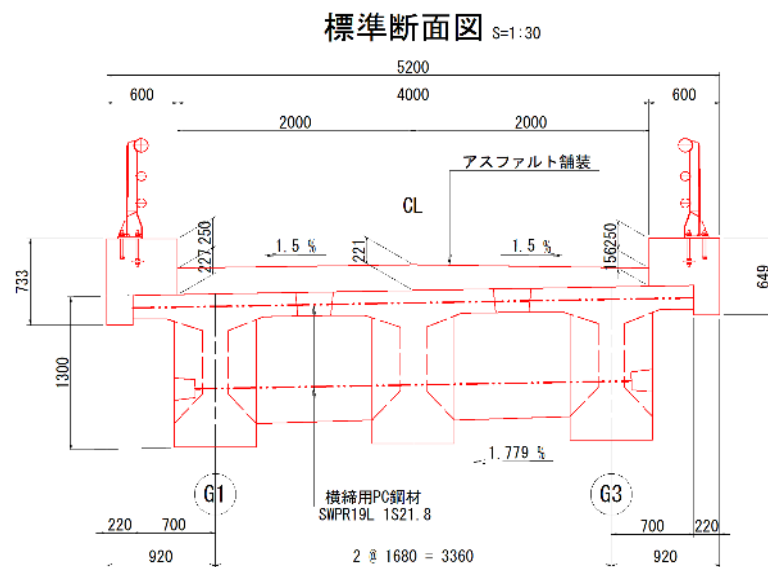
4) 下部工変更箇所

- 橋台の各部材 (胸壁、たて壁、フーチング等) の構造計算は問題なし

30

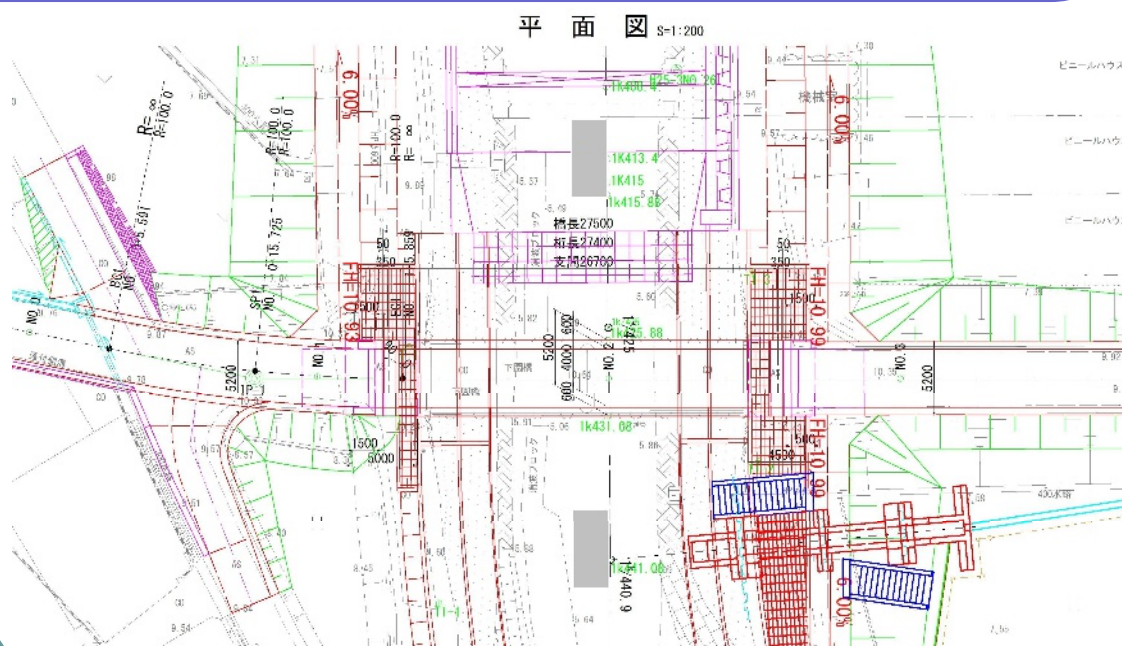
32

【事例-1】河川改修による架け替え橋梁



33

【事例-1】河川改修による架け替え橋梁



34

【事例-2】河川改修による架け替え橋梁

1) 設計条件

橋長	L=14.70m	橋の重要度	B種の橋
有効幅員	W=11.00m	上部工形式	プレテンション方式PC単純スラブ桁橋
斜角	$\theta = 60^\circ$	下部工形式	逆T式橋台 (A1:H=4.3m、A2:H=4.1m)
設計荷重	B活荷重	基礎工形式	鋼管杭 ($\phi 600$)

2) 上部工変更箇所

- 可動側の遊間量の変更 (20→30mm) により、桁長を変更 (14.66→14.65m)
- 上部構造計算は問題なし

3) 付属物変更箇所

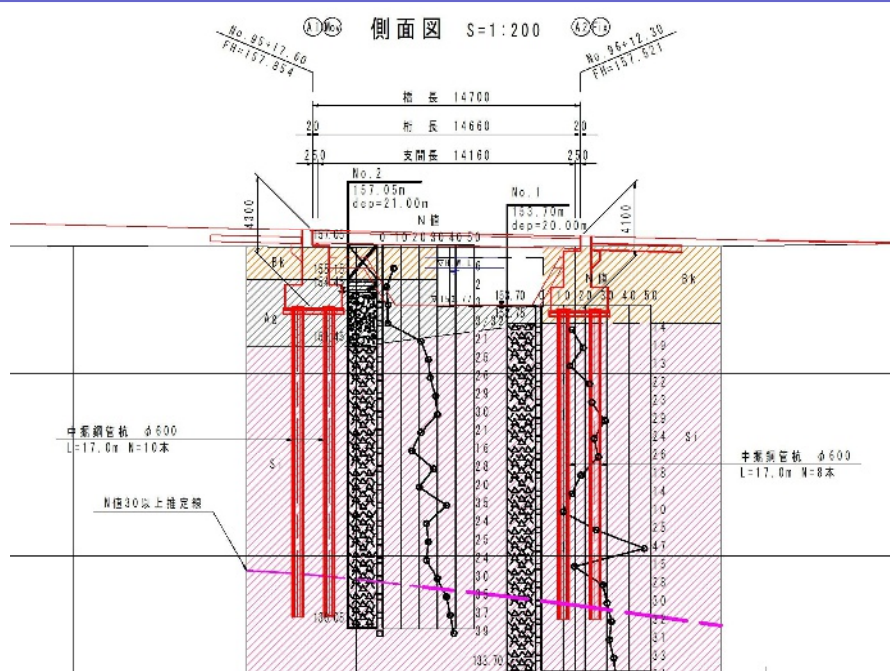
- 遊間算定式の改定により、伸縮装置の規格を変更 (20用→30用)
- 可動側の支承で、合成応力の追加改訂によりアンカー径を変更 ($\phi 28 \rightarrow \phi 32\text{mm}$)

4) 下部工変更箇所

- 可動側の橋台で、杭の変位に余裕がなくなり鋼管杭の肉厚を変更 (9→12mm)
- 橋台の各部材 (胸壁、たて壁、フーチング等) の構造計算は問題なし

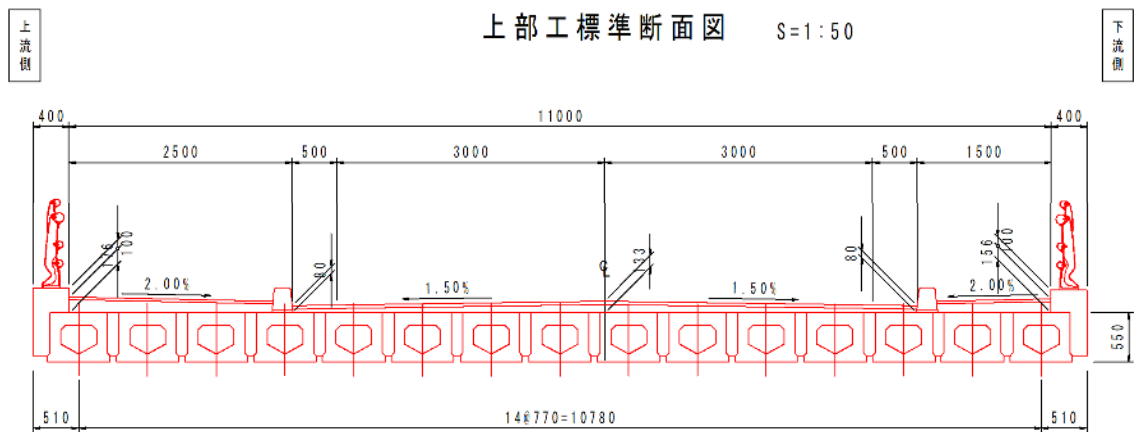
35

【事例-2】河川改修による架け替え橋梁



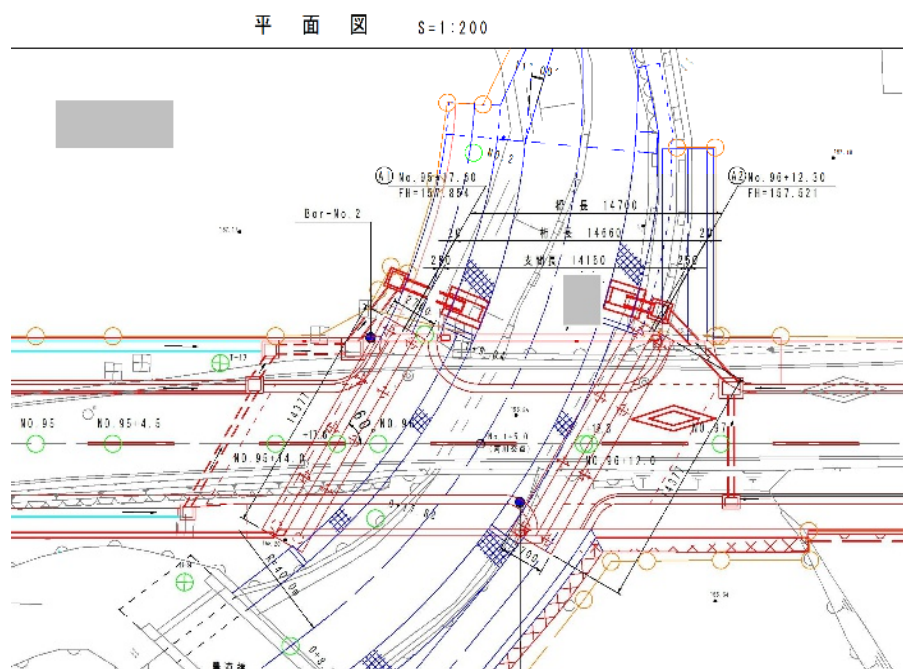
36

【事例-2】河川改修による架け替え橋梁



37

【事例-2】河川改修による架け替え橋梁



38

【事例-3】道路改築による新設橋梁

1) 設計条件

橋長	L=20.60m	橋の重要度	B種の橋
有効幅員	W=9.75m	上部工形式	プレテンション方式PC単純スラブ桁橋
斜角	$\theta = 79^\circ 58'$	下部工形式	逆T式橋台 (A1:H=10.7m、A2:H=12.7m)
設計荷重	B活荷重	基礎工形式	場所打ち杭 ($\phi 2000$)

2) 上部工変更箇所

- 上部構造計算は問題なし

3) 付属物変更箇所

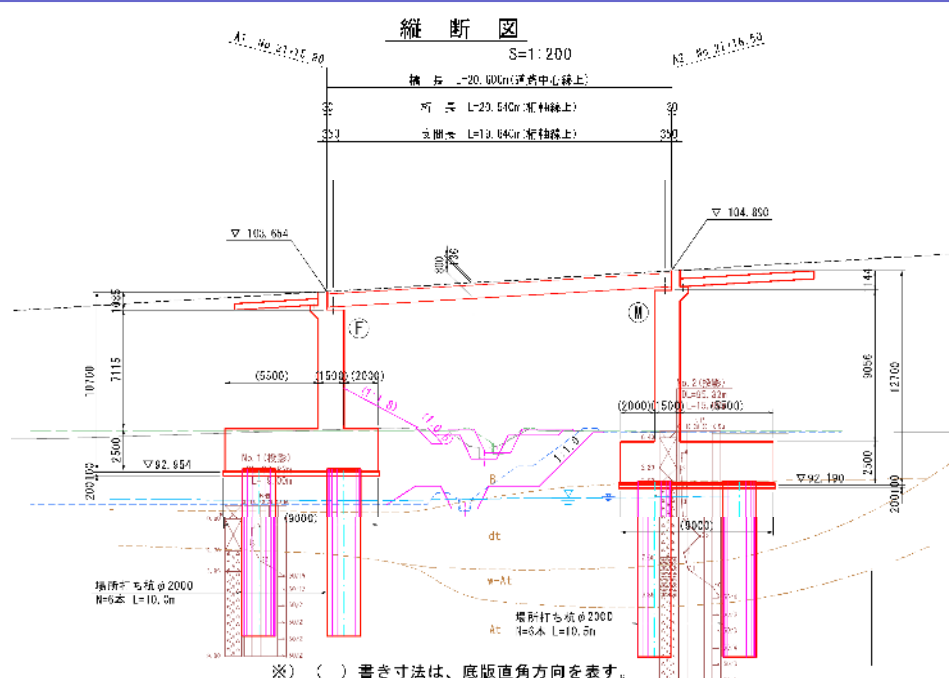
- 遊間算定式の改定により、伸縮装置の規格を変更 (25用→40用)
- 可動側の支承で、合成応力の追加改訂によりアンカー径を変更 ($\phi 36 \rightarrow \phi 40\text{mm}$)

4) 下部工変更箇所

- 固定側の橋台で、たて壁の耐力が不足し主鉄筋を変更 (D32ctc250→D25ctc125mm)
- 場所打ち杭の構造計算は問題なし

39

【事例-3】道路改築による新設橋梁



40

1-3.

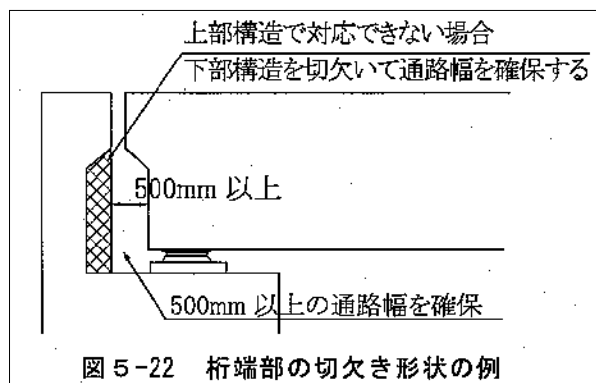
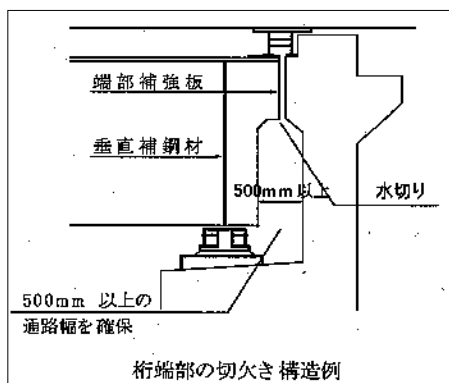
維持管理の確実性及び容易さ の観点から改善した事例

43

(1) 桁端部の切欠き

(1) 桁端部の切欠き

桁端部には通気性と維持管理スペースを確保するため、切欠きを設ける。なお、上部構造形式、桁高、支承位置等によってその方法が異なるため、各橋梁の設計条件に応じて適宜決定する必要がある。

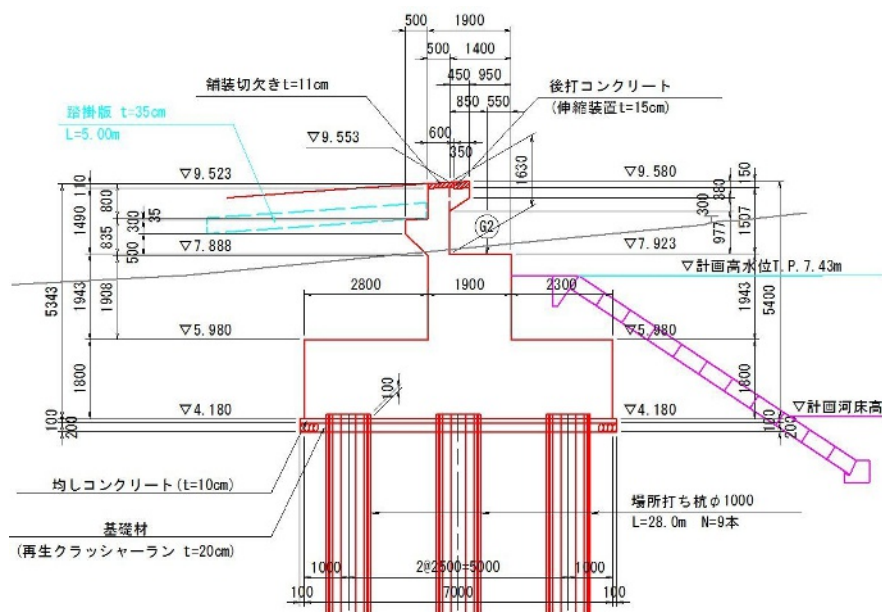


出典：道路事業の手引き（平成30年4月、鹿児島県土木部）P2-2-81、P2-2-134

44

(1) 桁端部の切欠き

【事例紹介】 プレテンション方式PC単純T桁橋の胸壁切欠き（参考）



45

(1) 桁端部の切欠き

※参考例

ここでは、東北地方整備局の設計
施工マニュアル（案）を参考に、上
部構造形式に応じた事例を示す。

※鹿児島県では、各橋梁の設計条件に応じて適宜決定する必要がある。

設計施工マニュアル(案)

[道路橋編]

平成 28 年 3 月

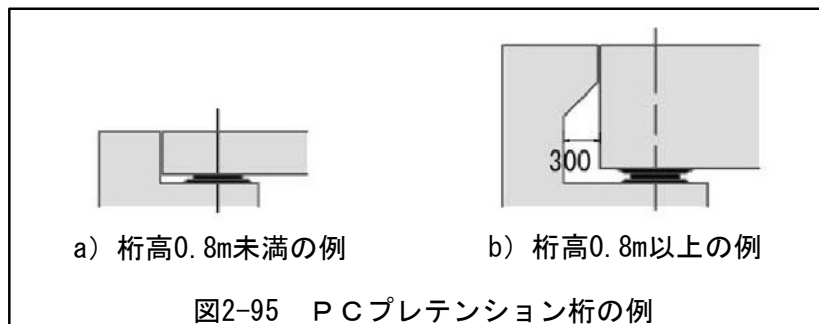
東北地方整備局

(1) 桁端部の切欠き

① PCプレテンション桁の場合 ※参考例

PCプレテンション桁で、桁高が0.8m未満でパット型のゴム支承の場合には、桁や胸壁を切り欠くのは困難である。その場合には、図2-95のように切欠きは、設けなくてよい。

桁高0.8m以上の場合には、ポールカメラ等で点検できるように桁の切欠きを設置する。



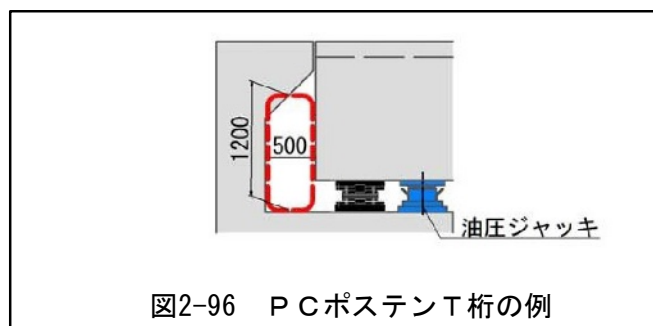
出典：設計施工マニュアル（案）〔道路橋編〕（平成28年3月、東北地方整備局）P2-96

47

(1) 桁端部の切欠き

② PCポストテンションT桁の場合（コンポ橋含む） ※参考例

PCポストテンションT桁の場合は、図2-96に示すように幅0.5m高さ1.2mの切欠きを確保することを原則とする。ただし、桁高が低い場合には、幅0.5mは確保するが、高さについては確保できる高さとしてよい。



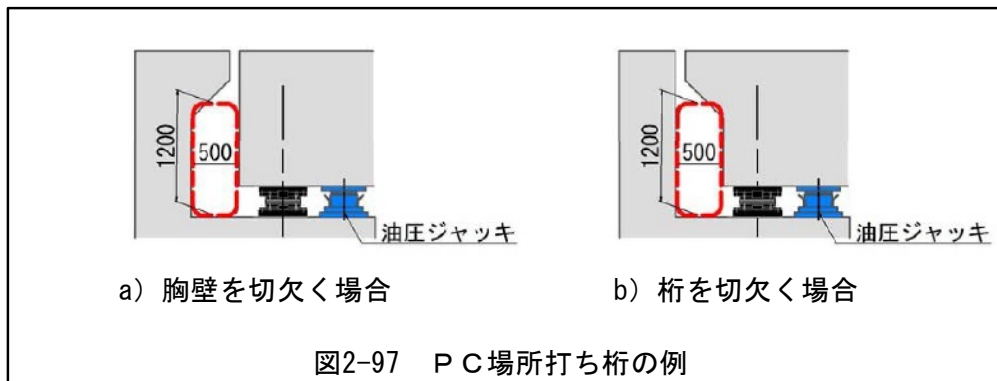
出典：設計施工マニュアル（案）〔道路橋編〕（平成28年3月、東北地方整備局）P2-97

48

(1) 桁端部の切欠き

③ P C場所打ち桁（箱桁、中空床版橋）の場合 ※参考例

P C場所打ち桁の場合は、胸壁を切欠く場合と、桁端部を切欠く場合の2種類があるが、桁高やP C鋼材の定着に留意して適宜決定する。



出典：設計施工マニュアル（案）〔道路橋編〕（平成28年3月、東北地方整備局）P2-97

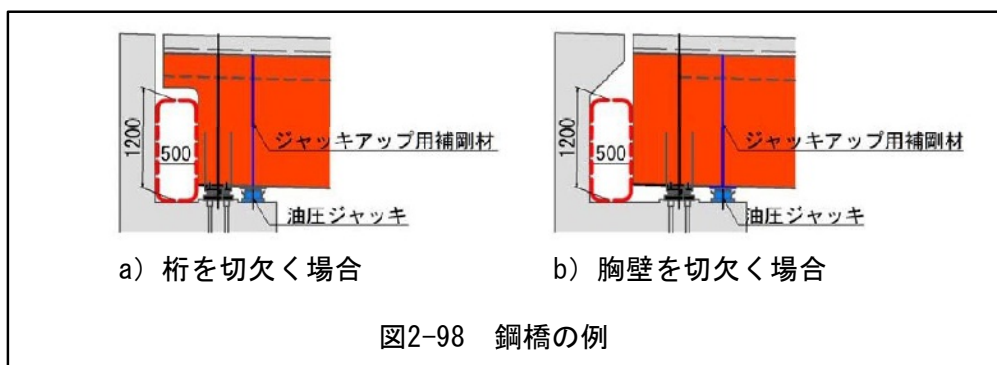
49

(1) 桁端部の切欠き

④ 鋼橋の場合 ※参考例

鋼橋の場合は、管理用スペースを確保するために桁を切欠くことを原則とする。

ただし、支承位置や形式、桁高によって困難な場合には胸壁側を切欠く。



出典：設計施工マニュアル（案）〔道路橋編〕（平成28年3月、東北地方整備局）P2-96

50

(2) 伸縮装置の漏水防止（非排水化）

(2) 伸縮装置の漏水防止（非排水化）

伸縮装置部から雨水や塵埃（じんあい）が侵入すると、桁端部の劣化や支承部の損傷を引き起こす恐れがある。このため、伸縮装置部は水密性を有するような十分な配慮が必要となる。

故に、伸縮装置は、長期にわたって水密性を確保することを目的に、二重の非排水構造として、弾性シール材等の一次止水材に加え、樋やパッキン等の二次止水材を併設することとする。

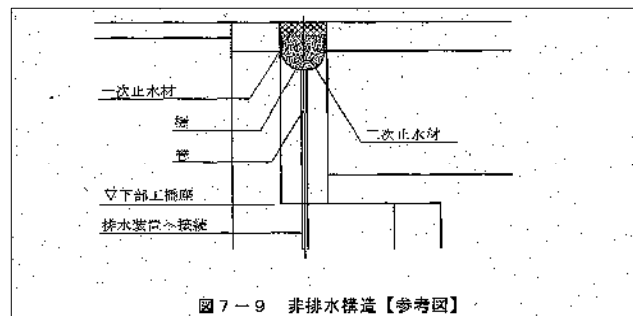


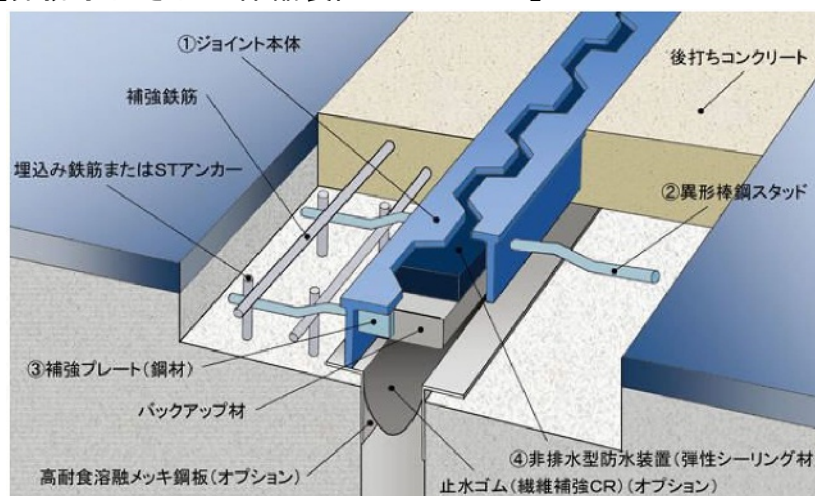
図 7-9 非排水構造【参考図】

出典：道路事業の手引き(平成30年4月、鹿児島県土木部)P2-2-163

51

(2) 伸縮装置の漏水防止（非排水化）

【非排水化された伸縮装置のイメージ】

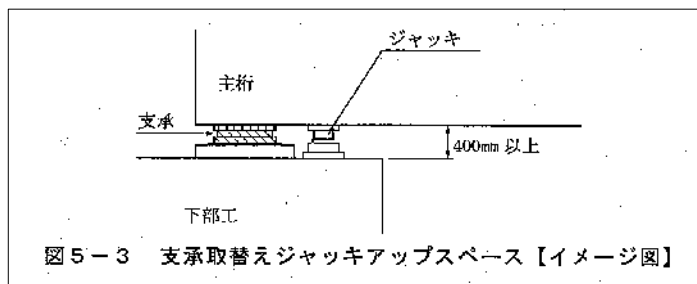


52

(3) 支承取替えジャッキアップスペースの確保

(3) 支承取替えジャッキアップスペースの確保

橋座部は、支承の点検・補修などが確実にできる空間を確保すること。
支承取替えのジャッキアップに伴う桁下空間は、施工性を考慮し、400mm以上確保する。また、支承交換や桁端部の補修が容易に行えるように、桁の仮受け等を想定して強度を確保するなど構造的配慮を行うこと。



出典：道路事業の手引き(平成30年4月、鹿児島県土木部)P2-2-134

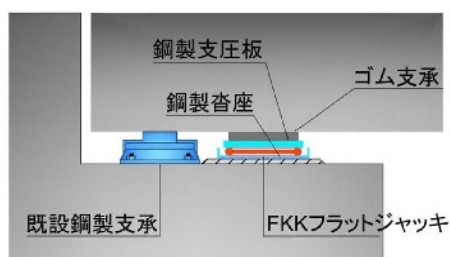
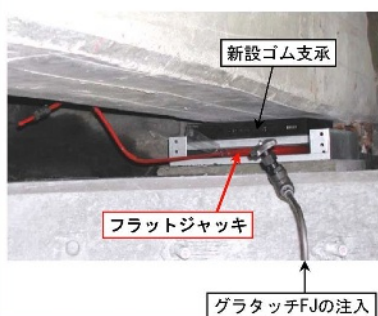
53

(3) 支承取替えジャッキアップスペースの確保

ただし、橋種や橋長等によっては対応不能な場合もあるため、主務課と事前に協議すること。なお、桁下空間が取れない場合は、フラットジャッキ等による支承交換が考えられる。

橋梁の支承交換適用例

＜支承新設方式（支点移動）＞ 「フラットジャッキによる支承新設方式(支点移動)」



54

第2部 効率的な維持管理について

55

効率的な維持管理について

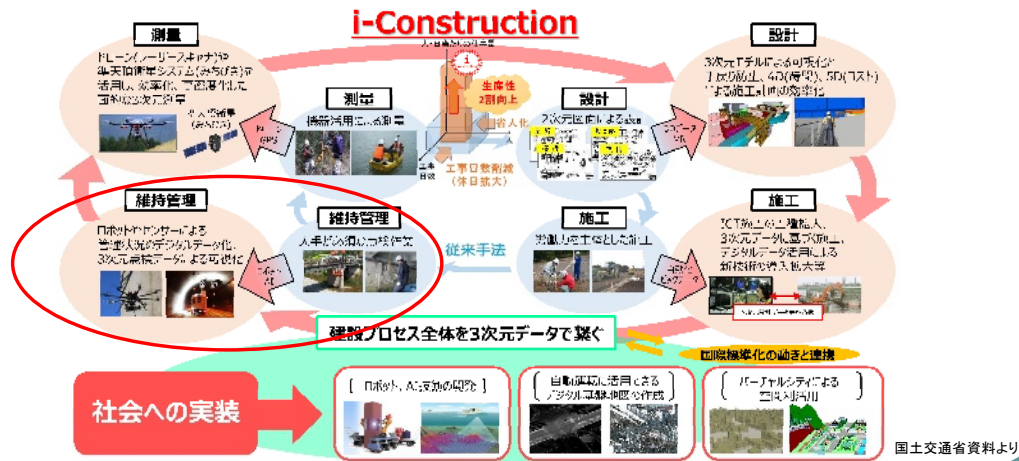
効率的な維持管理について 新技術点検導入編

56

効率的な維持管理について

● i-Constructionの推進

建設技能労働者数は、今後10年間で全体の1/3に相当する130万人が65歳以上となり離職する見込み。一方、国内に道路橋は全国に約70万橋、道路トンネルは約1万本が存在する。橋梁について、うち7割以上となる約50万橋が市町村が管理していることから、維持管理における生産性向上は喫緊の課題。



57

鹿児島県における橋梁の老朽化対策の状況



判定区分Ⅲ・Ⅳ施設の修繕等措置の状況(2020年度末時点)

○直近5年間(2016～2020年度)の点検で判定区分Ⅲ・Ⅳと診断された施設の修繕等措置の状況

道路管理者	措置が必要な施設数 A	措置に着手済の施設数 B (B/A)	措置に着手済の施設数 C (C/A)	措置完了済の施設数 D (D/A)
鹿児島県内地方公共団体合計	1,003	394 (39%)	215 (21%)	153 (15%)
地方公共団体合計	54,918	21,378 (39%)	11,702 (21%)	8,698 (16%)

○1巡目の点検で判定区分Ⅲ・Ⅳと診断された施設の修繕等措置の状況

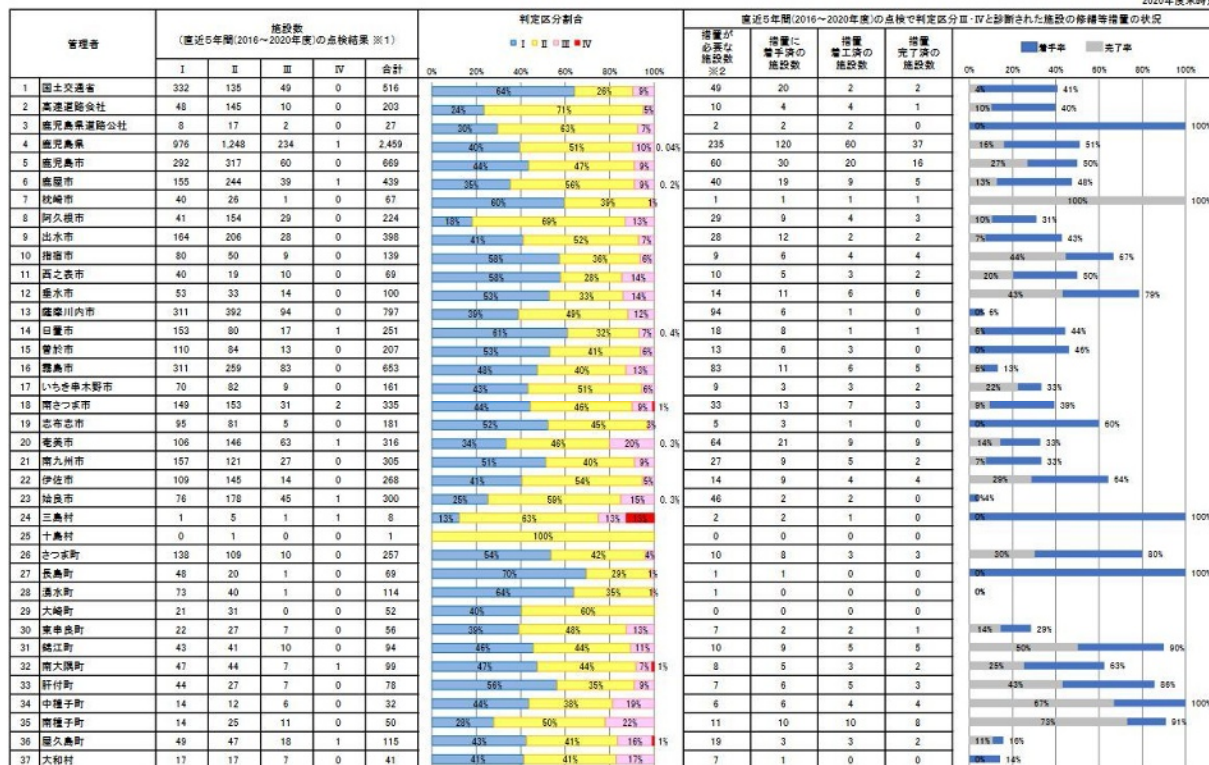
道路管理者	措置が必要な施設数 A	措置に着手済の施設数 B (B/A)	措置に着手済の施設数 C (C/A)	措置完了済の施設数 D (D/A)
鹿児島県内地方公共団体合計	1,203	716 (60%)	544 (45%)	476 (40%)
地方公共団体合計	62,836	34,419 (55%)	25,297 (40%)	21,912 (35%)

引用:国土交通省 道路メンテナンス年報(令和2年度・二巡目)

58

鹿児島県における橋梁の老朽化対策の状況

2020年度末時点



※1 直近5年間(2016～2020年度)の点検結果を反映した施設数。判定区分Ⅰ：健全 判定区分Ⅱ：予防保全段階 判定区分Ⅲ：早期措置段階 判定区分Ⅳ：緊急措置段階
 ※2 直近5年間(2016～2020年度)の点検で、判定区分Ⅱ又はⅣと診断された施設数の合計
 ※都道府県全体は地方公共団体が管理する橋梁のみ

引用:国土交通省 道路メンテナンス年報(令和2年度・二巡目)

59

鹿児島県における橋梁の老朽化対策の状況

2020年度末時点



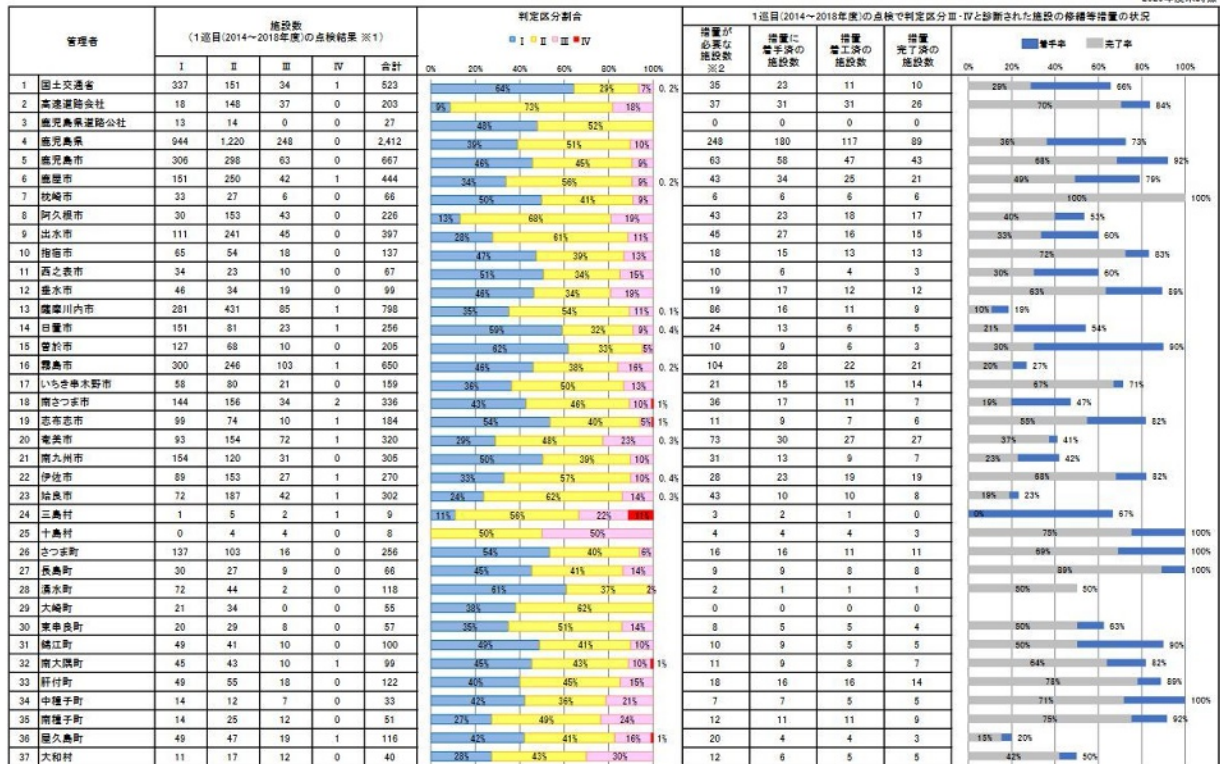
※1 直近5年間(2016～2020年度)の点検結果を反映した施設数。判定区分Ⅰ：健全 判定区分Ⅱ：予防保全段階 判定区分Ⅲ：早期措置段階 判定区分Ⅳ：緊急措置段階
 ※2 直近5年間(2016～2020年度)の点検で、判定区分Ⅱ又はⅣと診断された施設数の合計
 ※都道府県全体は地方公共団体が管理する橋梁のみ

引用:国土交通省 道路メンテナンス年報(令和2年度・二巡目)

60

鹿児島県における橋梁の老朽化対策の状況

2020年度末時点



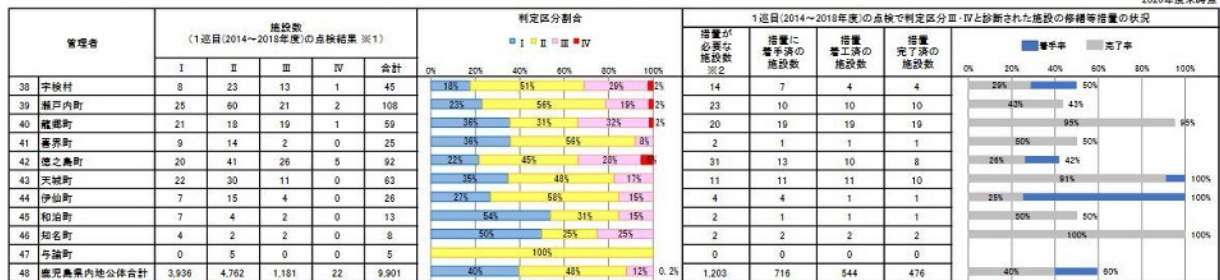
※1 1巡目(2014～2018年度)の点検結果を反映した施設数。判定区分Ⅰ：健全 判定区分Ⅱ：予防保全段階 判定区分Ⅲ：早期措置段階 判定区分Ⅳ：緊急措置段階
 ※2 1巡目(2014～2018年度)の点検で、判定区分Ⅲ又はⅣと診断された施設の合計
 ※都道府県全体は地方公共団体が管理する橋梁のみ

引用:国土交通省 道路メンテナンス年報(令和2年度・二巡目)

61

鹿児島県における橋梁の老朽化対策の状況

2020年度末時点



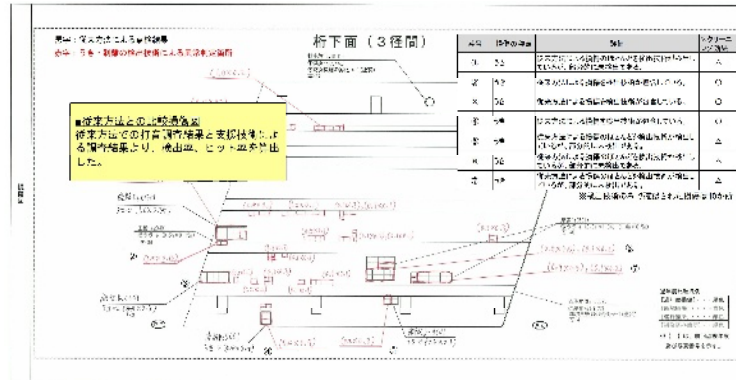
※1 1巡目(2014～2018年度)の点検結果を反映した施設数。判定区分Ⅰ：健全 判定区分Ⅱ：予防保全段階 判定区分Ⅲ：早期措置段階 判定区分Ⅳ：緊急措置段階
 ※2 1巡目(2014～2018年度)の点検で、判定区分Ⅲ又はⅣと診断された施設の合計

引用:国土交通省 道路メンテナンス年報(令和2年度・二巡目)

62

効率的な維持管理について

- 新技術点検の実施例
ボール打検機

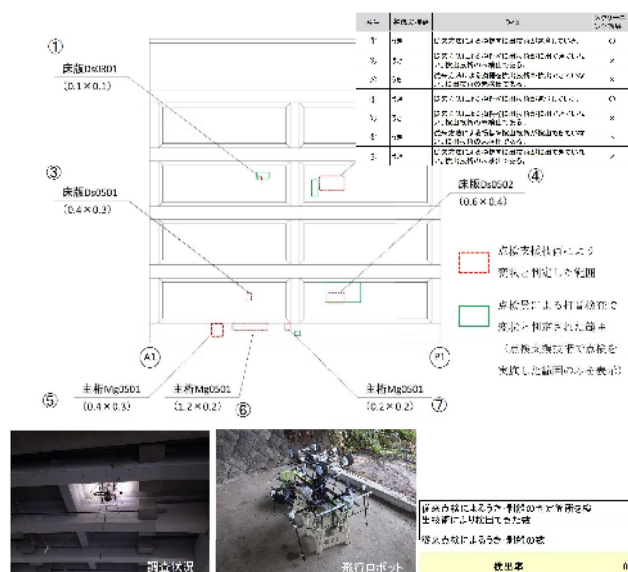


カタログの検出率と現場での検出率に差異が生じている。

従来点検によるうち、初時の判定箇所と 検出箇所により検出できた数	
従来点検によるうち、初時の数	
検出率	0.4

効率的な維持管理について

- 新技術点検の実施例
近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム



カタログの検出率と現場での検出率に差異が生じている。

効率的な維持管理について

- 新技術点検の実施例
橋梁点検ロボットカメラ(懸垂型)



67

効率的な維持管理について

- 新技術点検の実施例
橋梁点検ロボットカメラ(高所型)



68

効率的な維持管理について

● 新技術点検の実施例

シン・クモノス:光波測量機「KUMONOS」および高解像度カメラを組み合わせた高精度点検システム

現地における作業として、KUMONOSUによりひびわれ、部材形状を計測することで、損傷図データを作成するとともに、調査対象部材をカメラで撮影をする。これらのデータをもとに、内業では、画像解析ソフトにより撮影画像をつなぎ合わせ、KUMONOSUで計測していないひびわれの有無を確認する。損傷図と画像データを重ね合わせ、点検結果として整理する。



写真 3.7 点検状況 (橋脚 3)



写真 3.7 ひびわれ計測状況 (橋脚 4)



写真 3.8 画像撮影状況 (橋脚 4)

69

効率的な維持管理について

● 新技術点検の実施例

シン・クモノス:光波測量機「KUMONOS」および高解像度カメラを組み合わせた高精度点検システム

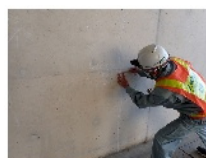


写真 3.2 スケールによる測定



写真 3.3 測定口径 20mm



写真 3.4 点検結果の表示

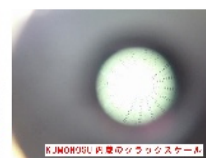


写真 3.5 KUMONOSU 内蔵のカメラによる撮影



写真 3.6 点検結果の表示

70

効率的な維持管理について

● 新技術点検の実施例 飛行型ドローン (Skydio J2)



Skydio J2の特徴

1. 橋梁下の非GPS環境や強電磁波にも強い
→機体に6つのセンサーカメラが周囲を認識し、その映像をAIで解析し自動で障害物を回避します。
2. 通常の飛行型ドローンでは撮影が困難であった狭窄部にも進入可能
→機体から全方向1m以上の離隔があれば、狭窄部に入り、撮影が可能です。(但し突風注意)
3. 広い可動域で上部撮影が行える
→機体前方に装備されたカメラが上下に首振りが可能となり、床版や桁下フランジなども視認が可能です。

橋梁点検で使用してきた感想

○長所

1. 現地踏査で下面の状況が把握できる
2. スズメバチがいても点検が可能
3. 点検にかかる日数の削減ができる

●短所

1. 損傷の進行がわかりにくい
2. 雨でカメラが濡れると衝突の可能性がある
3. バッテリーの充電に時間が必要である
ため、連続した点検には向かない

71

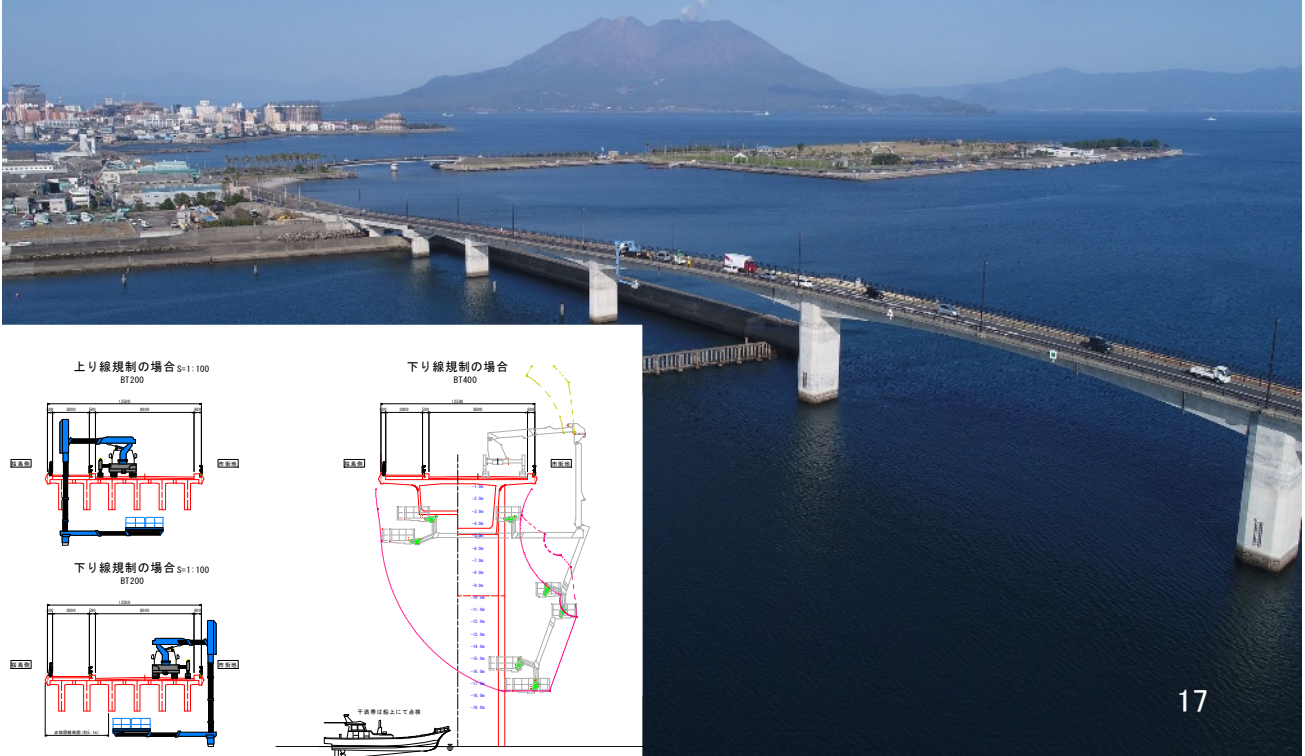
黎明みなと大橋の点検概要(点検日:令和2年3月2日)

問題点

1. BT200級橋梁点検車では海側の歩道を跨げない。
2. 市街地側に設置しても主桁2~3本程度、点検出来ない。
3. 写真の様にハイピアである為、近接が出来ない。

当時の点検方法

1. BT400級橋梁点検車を提案して点検を実施
2. BT400でも届かない橋脚の干満帯は船を出して近接目視
3. 箱桁の内部は高所作業車を用いて点検口より進入した



17

効率的な維持管理について

- 従来の点検方法と新技術を取り入れた点検方法の比較(例:黎明みなと大橋)

従来法は全て近接目視点検が基本であったため、BT400級の大型の橋梁点検車を使用した大規模な点検を実施していた。新技術を使用すれば下図のように第三者被害措置範囲のみ大型橋梁点検車を使用し、その他の径間は新技術の提案が可能となる。



73

効率的な維持管理について

- 点検にかかる直接経費の比較例(例:黎明みなと大橋の場合)

費目・工種・施工名称など	数量			単価	従来金額	新技術金額	備考
	従来	新技術	単位				
橋梁点検車(BT400)賃料	3	1	日	666,000	1,998,000	666,000	建設技術センター見積歩掛(平成29年度時点)
橋梁点検車サポート料	3	1	日	2,000	6,000	2,000	〃
橋梁点検車回送料 宮崎～鹿児島	1	1	往復	140,000	140,000	140,000	〃
交通誘導員A(1人/日)	3	1	人	14,700	44,100	14,700	
交通誘導員B(4人/日)	12	4	人	12,500	150,000	50,000	
飛行型ドローン賃料 (1機体とバッテリーが1週間)	0	1	回	140,000	0	140,000	
合計					2,338,100	1,012,700	

新技術+大型点検車にすることで約130万円程度、減額することが出来る。

74

効率的な維持管理について

- まとめ

- 新技術を活用することで経済性が優れる可能性がある。
- 検出率が低く従来の点検方法が良い場合もある。
- 現場によっては新技術が使いやすい、使いにくいが生じるので受注者は現場に応じた、新技術を発注者に提案する。
- 第三者被害措置範囲に関しては従来通り、打音点検による近接目視点検が基本

75

ご清聴ありがとうございました。

76