

第 2 回 恵庭市恵庭跨線橋維持管理計画検討委員会

日 時：令和3年9月2日(木) 10時00分~12時00分

場 所：Web 会議形式で開催

議 事 次 第

1. 開会
2. 建設部長挨拶
3. 委員長挨拶
4. 議事
 - (1) 第1回維持管理計画検討委員会における議論について
 - (2) 第1回維持管理計画検討委員会の議論を踏まえた資料の修正・追加について
 - (3) 恵庭跨線橋における今後の維持管理計画について
5. 閉会

< 配布資料 >

議事次第

資料 恵庭跨線橋維持管理計画検討委員会 説明資料

(- 2021.09.02 第 2 回 委員会 -)

恵庭跨線橋維持管理計画検討委員会 説明資料

— 2021.09.02 第2回委員会 —

令和3年度
恵庭市

目次

本編		補足資料	
1. 委員会設置の目的	・・・ 3	付1. 恵庭跨線橋の概要	・・・ 18
2. 令和2年度委託業務の検討結果	・・・ 4	付2. 現地踏査結果	・・・ 20
3. 恵庭跨線橋の年表	・・・ 5	付3. 3径間連続PC中空床版の解析計画	・・・ 22
4. 現地踏査による性能評価の着目点の抽出	・・・ 6	付4. プレビーム桁RC床版の解析計画	・・・ 24
5. 構造解析手法（PC中空床版）	・・・ 7	付5. 詳細調査の目的と調査位置	・・・ 25
6. 構造解析手法（プレビーム桁RC床版）	・・・ 8	付6. 主桁上面とコンクリートコアの状況	・・・ 26
7. 詳細調査結果（切削調査・コンクリートコア）	・・・ 9	付7. 残存膨張量試験および圧縮強度試験結果	・・・ 28
8. 詳細調査結果（材料試験）	・・・ 10	付8. 材料の経時変化に関する解析	・・・ 29
9. 材料の経時変化に関する解析	・・・ 11	付9. 3径間連続PC中空床版の性能評価	・・・ 31
10. 現有・将来の性能評価（PC中空床版）	・・・ 12	付10. 令和元年度のコンクリート調査位置	・・・ 35
11. 現有・将来の性能評価（プレビーム桁RC床版）	・・・ 13	付11. プレビーム桁RC床版の性能評価	・・・ 36
12. 対策の検討	・・・ 14	付12. プレビーム桁の対策の比較	・・・ 38
13. 橋面の防水による性能低下の抑制	・・・ 15	付13. 恵庭跨線橋の通行止めによる損失	・・・ 40
14. 令和元年度時の調査解析結果と本検討の違い	・・・ 16		

-
- ・目次において赤字で示した項目は、第2回委員会資料で新たに追加した資料である。
 - ・目次において青字で示した項目は、第1回委員会の指摘事項を踏まえて修正を加えた資料である。各資料中の文章で、修正箇所を青字で示している。

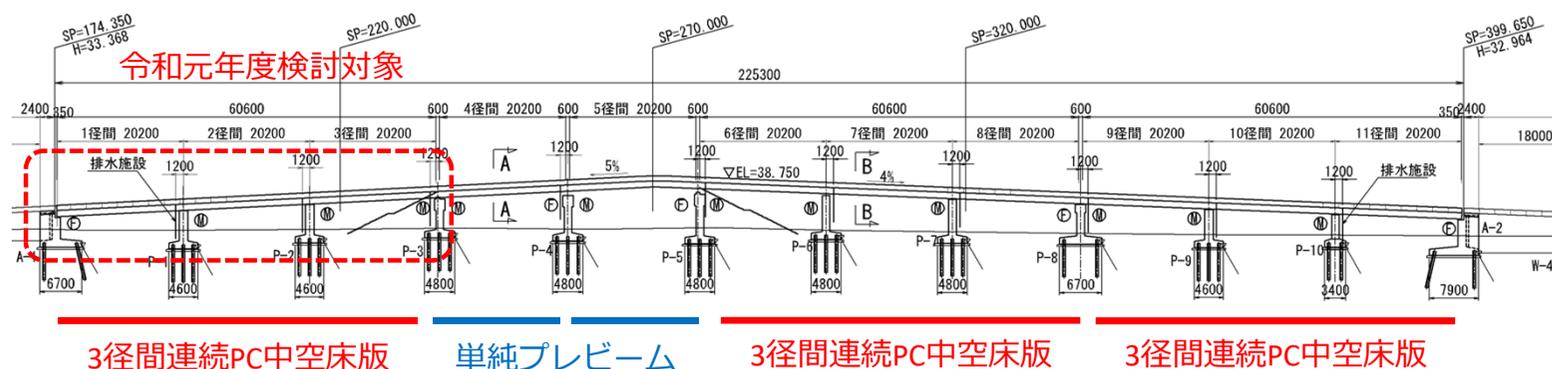
1. 委員会設置の目的

(1) 令和2年度施行「恵庭跨線橋補修設計に係る既設構造物詳細調査解析委託業務（4-11径間）」

- 令和元年度に実施した1～3径間のPC中空床版を対象とした調査および検討から、補修や補強に比べて、1～3径間の「更新」が優れているとの評価に至った。
- しかしながら、建設時に使用した材料が同一の場合、4～11径間も耐荷性や耐久性が低下していることが懸念される。
- このことから、橋梁全体としての合理的な維持管理の対策を検討することを目的として、本橋の上部工全体を対象に、現有と将来の性能を評価し、その評価結果に基づき橋梁全体に対する対策の方針を整理した。

(2) 委員会設置の目的

- 令和2年度「恵庭跨線橋補修設計に係る既設構造物詳細調査解析委託業務（4-11径間）」における解析手法、解析における諸条件設定並びに解析結果に基づく寿命算出結果について、専門的見地より妥当性を検証することで、恵庭跨線橋における今後の維持管理計画の策定に向けた基礎資料を得ることを目的に、本検討委員会を設置する。



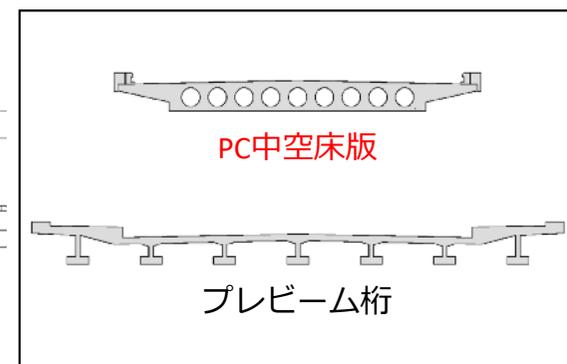
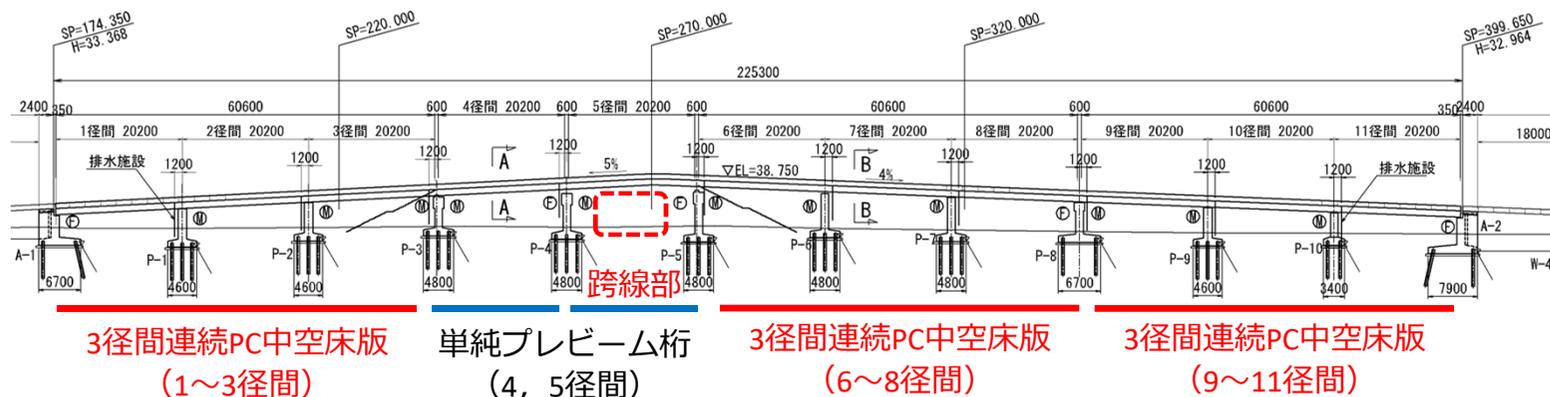
2. 令和2年度委託業務の検討結果

(1) 各上部構造の評価結果

- PC中空床版は、主桁上面の防水対策を行うことを前提に、40年程度供用が可能である。
- プレビーム桁は、RC床版の疲労により、現状の耐荷力を維持できるのは、上面からの水の供給を抑え続けられた場合においても25年程度、水の供給が続く場合で2年半の見込みとなる。
- 各上部構造の評価結果から、**橋梁全体の寿命は、4、5径間目のプレビーム桁から決まる。**

(2) 橋梁全体の維持管理計画の基本方針

- 本橋は、架橋後に跨線部のJR千歳線が電化され建築限界が変更となったため、跨線部を更新する際は、桁下面を現状より1.3m上げる必要がある。この**施工基面高の変更に伴い、跨線部の前後の径間も含めた全体を更新する必要が生じる。**
- したがって、プレビーム桁の更新の際にすべての上部工を更新する。プレビーム桁の更新までは、PC中空床版を主桁上面の防水により維持する。



3. 恵庭跨線橋の年表

(1) 竣工からの橋梁履歴と性能評価結果の関係

- ・ シート系等の橋面防水により性能低下を抑制して供用を継続した後に、上部工を更新する。

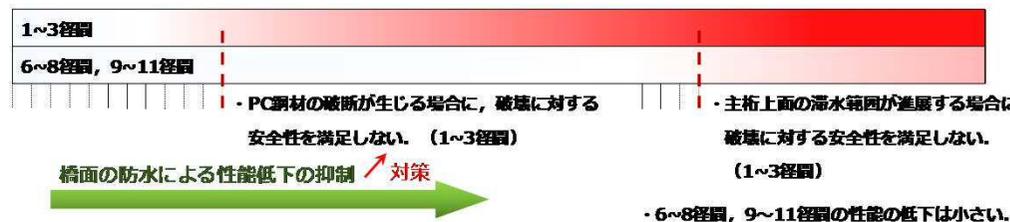
【橋梁履歴】



【性能評価結果】 (将来予測)

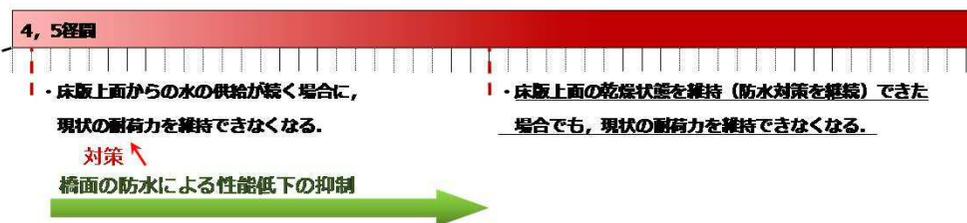


・3径間連続PC中空床版



・プレキャストRC床版

・RC床版上面のコンクリートの劣化による耐力低下が生じている。



4. 現地踏査による性能評価の着目点の抽出

(1) 3径間連続PC中空床版

- 起点方の桁（1～3径間）と、終点方の桁（6～8径間，9～11径間）で，変状状況に明らかな違いが見られる。
- 詳細調査により，コンクリートの配合や骨材のASRに対する反応性，残存膨張量等を調査し，起点方と終点方の上部工のコンクリートを比較する。
- その調査結果を，構造解析の材料の条件設定に反映して，起点方と終点方の**主桁の耐荷力の評価**を行う。

(2) 単純プレビーム桁

- 床版に亀甲状のひび割れが生じており，床版上面からの水の供給も懸念されることから，**RC床版の疲労破壊に関する評価**を構造解析により行う。



3径間連続PC中空床版
(起点方 (第1径間))



3径間連続PC中空床版
(終点方 (第6径間))



単純プレビーム桁
(第5径間RC床版下面)

5. 構造解析手法（PC中空床版）

(1) 構造解析の着目点

- 3径間連続PC中空床版を対象とした性能の評価は、**橋梁構造の安全性の観点から、耐荷力（破壊）**について検討する。
- 供用年数に応じたコンクリートの材料特性および体積変化やPC鋼材の状態を構造解析モデルに与えることで、初期、現有、将来の耐荷力を求め、構造物に作用する荷重と比較する。

(2) 構造解析モデル

- コンクリートの経時変化に関する解析から得られるコンクリートの物性および体積変化の経時変化を、3径間連続PC中空床版の構造解析モデルに考慮させた構造解析を行う。
- 解析モデルは、主桁半断面を端支点から中央径間中央までモデル化した解析モデルとする。

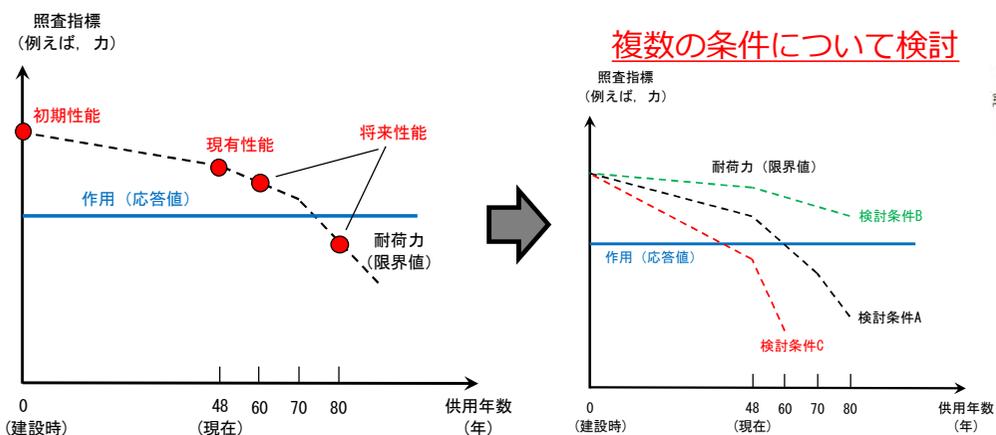


図5.1 耐荷力に関する経年による性能の変化のイメージ

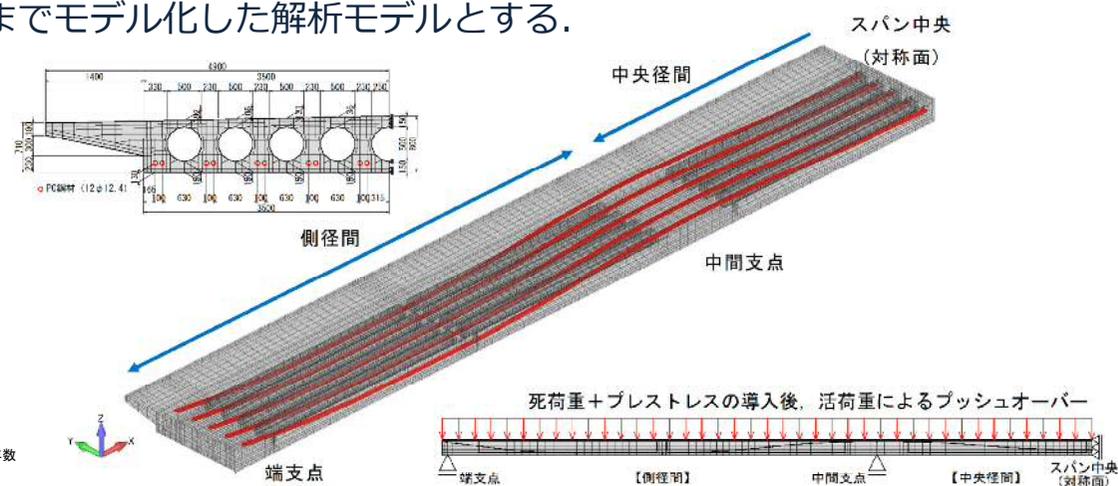


図5.2 構造解析モデル（3次元非線形FEM解析）

6. 構造解析手法（プレベーム桁RC床版）

(1) 構造解析の着目点

- プレベーム桁を対象とした性能の評価は、RC床版の繰返し荷重による押抜き破壊（疲労破壊）に対する検討を行う。
- コンクリートの疲労損傷の影響を考慮した非線形FEM解析により、RC床版のたわみの急増が生じる時期を確認する。

(2) 構造解析モデル

- 解析モデルには中間横桁を考慮した形状として、主桁間の中央を対称面とした解析モデルとする。
- 調査から得られたRC床版の部材厚や、材料試験から得られたコンクリートの材料特性を構造解析モデルに与える。

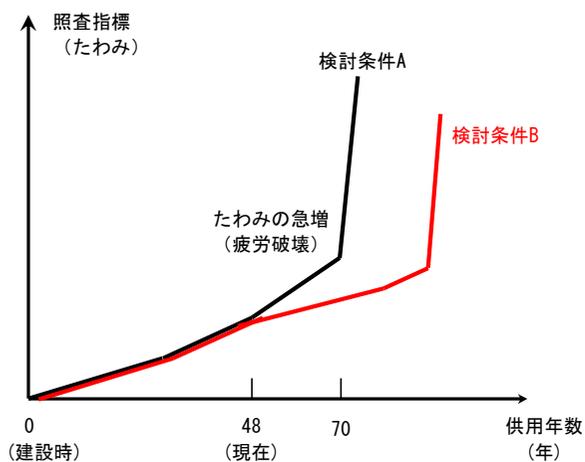


図6.1 繰返し荷重によるたわみの急増のイメージ

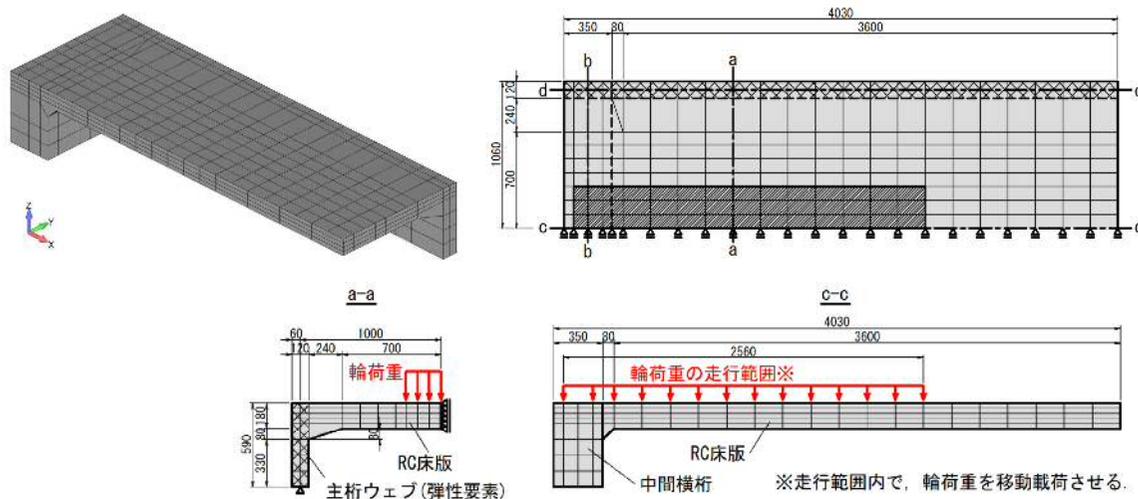


図6.2 構造解析モデル（3次元非線形FEM解析）

7. 詳細調査結果（切削調査・コンクリートコア）

(1) 3径間連続PC中空床版

- 起点方のPC中空床版においては、補修材の剥離が見られるとともに、滞水が見られた。また、地覆側の主桁ウェブから採取したコンクリートコアでは、主桁上面から150mm程度の範囲まで水平方向のひび割れが見られた。
- 終点方のPC中空床版においては、地覆側に一部、うきが見られる程度であった。主桁ウェブから採取したコンクリートコアのひび割れは、ほとんど生じていなかった。

(2) 単純プレビーム桁

- 第4径間のプレビームRC床版は、補修材の剥離が見られるとともに、滞水が見られた。RC床版から採取したコンクリートコアは、補修材と既設コンクリートが分離していた。

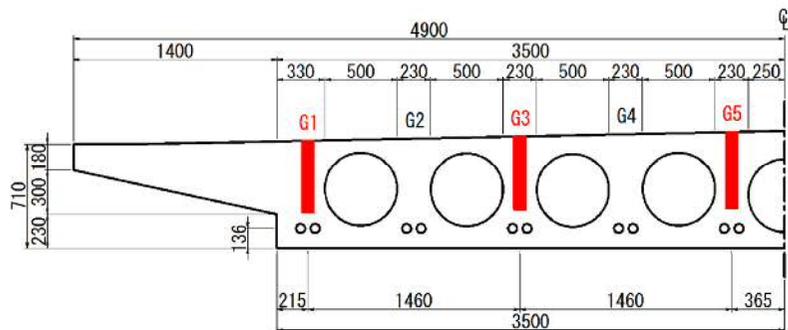


図7.1 コア削孔位置（No.1-2 第1径間-2）

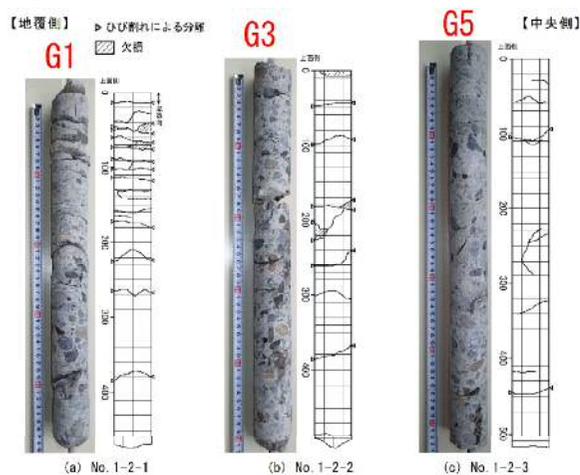


図7.2 コアのひび割れ状況（起点方）

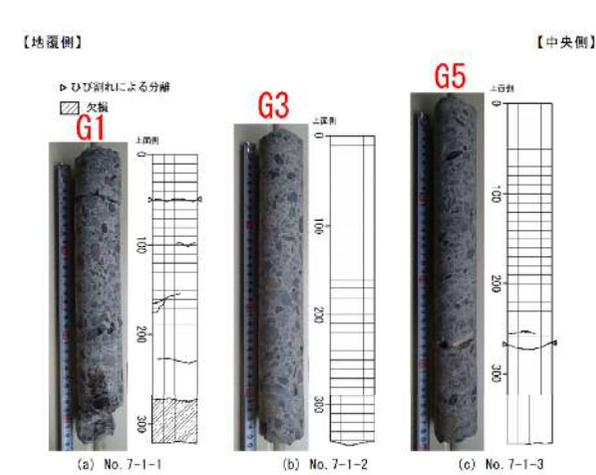


図7.3 コアのひび割れ状況（終点方）

8. 詳細調査結果（材料試験）

(1) コンクリートの配合および気泡組織

- 水セメント比の推定値は、第1径間でW/C=55.1%、第8径間でW/C=46.8%であり推定結果に差が見られた。
- 気泡組織測定の結果、起点方の第1径間で空気量1.2%、気泡間隔係数が694 μm 、終点方の第8径間で空気量2.8%、気泡間隔係数が298 μm であり、いずれも**空気量が少なく凍結融解作用による劣化を受けやすいコンクリートである。**

(2) コンクリートの使用骨材

- アルカリ骨材反応に対するコンクリートの残存膨張量は、起点方と終点方のPC中空床版で大きな違いは見られなかった。
- 岩石の種類や含有率はほぼ一致しており、起点方と終点方のPC中空床版で**同じ骨材が用いられている可能性が高い。**

(3) コンクリートの圧縮強度

- 圧縮強度は、PC中空床版とプレビームRC床版のほとんどの試験位置で、**設計基準強度を上回る強度**が得られた。

表8.1 配合推定試験による結果（セメント協会法）

採取位置	試料名	単位容積 質量 (kg/m ³)	材料単位量(kg/m ³)			W/C (%)
			セメント	水	骨材	
第 1-3 径間(PC 中空床版)	No.1-2	2,408	376	207	1,825	55.1
第 6-8 径間(PC 中空床版)	No.8-1	2,385	425	199	1,761	46.8
第 4 径間(プレビーム桁)	No.4-1-5	2,436	287	157	1,992	54.7

表8.2 気泡組織測定による結果（リニアトラバース法）

採取位置	試料名	空気量(%)	気泡間隔係数(μm)
第 1-3 径間(PC 中空床版)	No.1-2	1.2	694
第 6-8 径間(PC 中空床版)	No.8-1	2.8	298
第 4 径間(プレビーム桁)	No.4-1-5	3.4	396

9. 材料の経時変化に関する解析

(1) 検討方法

- 調査より得られた材料試験結果（配合，気泡組織，アルカリ含有量等）や橋梁地点の環境条件（気温，湿度）に基づき，凍結融解作用およびASRによるコンクリートの材料特性や体積変化の経時的な変化を求める。

(2) 凍結融解作用またはアルカリ骨材反応によってコンクリートに生じるひずみ

- 凍結融解作用によって生じる膨張ひずみの増加は，主桁上面から内部に向かって進展した。ただし，上面から深さ150mmに到達する材齢48年（現在）以降は，内部に進展しない。
- アルカリ骨材反応によって生じる膨張ひずみは，主桁の高さ方向の全体で生じる。

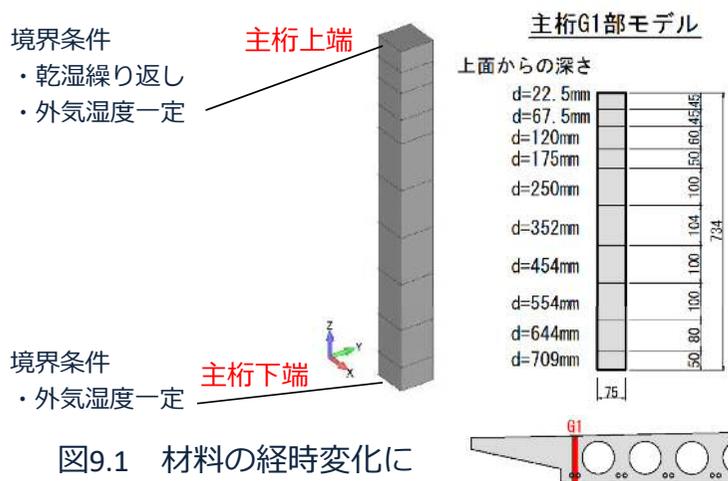


図9.1 材料の経時変化に関する解析の部分モデル

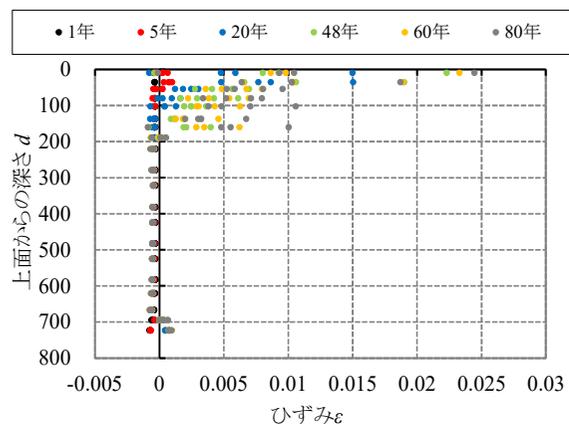


図9.2 高さ方向のひずみの分布
(凍結融解作用, F1-1)

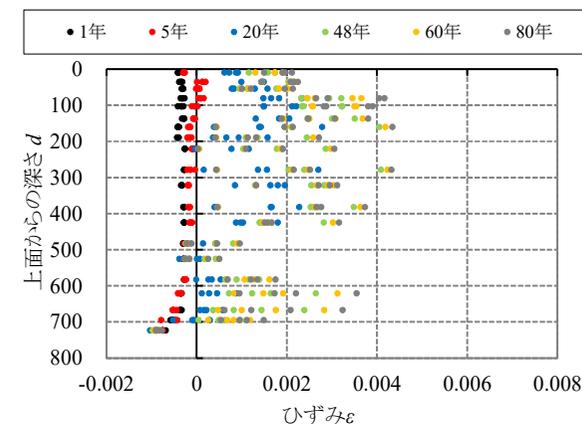


図9.3 高さ方向のひずみの分布
(アルカリ骨材反応, A1-1)

10. 現有・将来の性能評価 (PC中空床版)

(1) 性能の照査結果 (主桁の破壊に対する安全性)

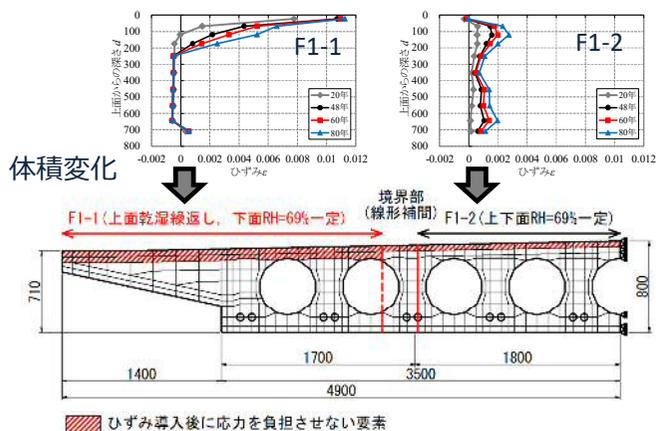
材料劣化 (凍結融解作用とアルカリ骨材反応) のうち, 耐荷力への影響の大きい凍結融解作用に対する評価の結果,

現有性能 : 1-3, 6-8, 9-11径間は, いずれも現状では破壊に対する安全性を満足する.

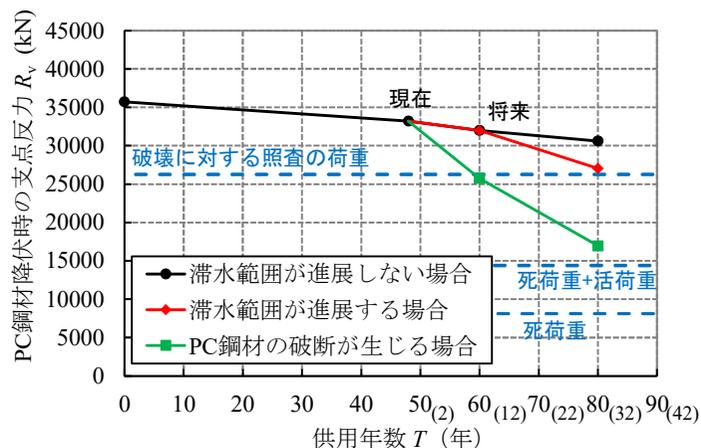
将来性能 : 1-3径間においては, 主桁上面全体のコンクリートの脆弱化やPC鋼材の腐食による破断を防げた場合には40年程度, 破壊に対する耐荷力を保持できる.

(2) 性能の低下を抑制するための対応

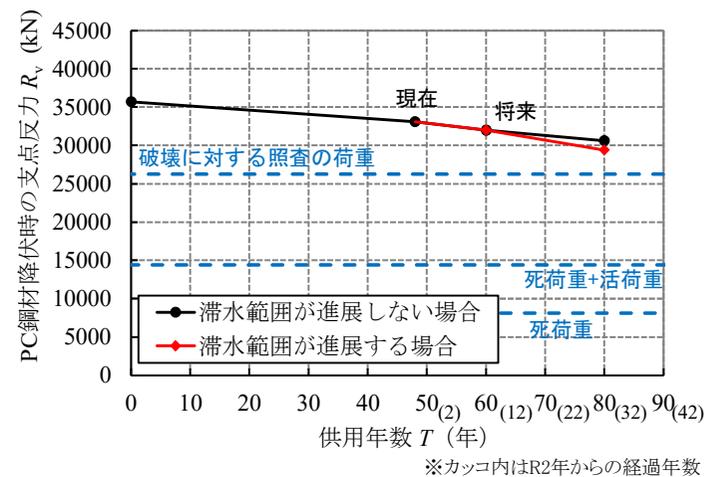
- 1~3径間では橋面からの水の浸透が見られることから, 性能の低下を抑えるために主桁上面からの水の供給を遮断する対策 (防水) が必要である.



主桁上面の環境条件の設定例
(第1径間 供用48年 (1F-T48))



(a) 1~3径間



(b) 6~8径間および9~11径間

図10.1 PC鋼材降伏時の支点反力 - 供用年数の関係

1.1. 現有・将来の性能評価（プレキャストRC床版）

(1) 性能の照査結果（RC床版の疲労破壊に対する安全性）

調査から得られた現状の最小の部材厚さ（ $t=125\text{mm}$ ）による最も厳しい評価の結果、

現有性能： 上面コンクリートの脆弱化によって、耐荷力はすでに大きく低下しているが、通常の使用時の性能は確保されている。

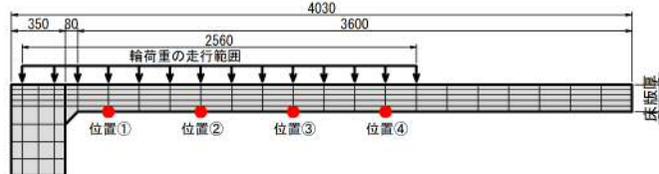
将来性能： 現状の耐荷力を維持できるのは、床版上面から水の供給が続く場合で2年半前後、乾燥状態を保持できた場合で25年前後の見込みとなる。

(2) 性能の低下を抑制するための対応

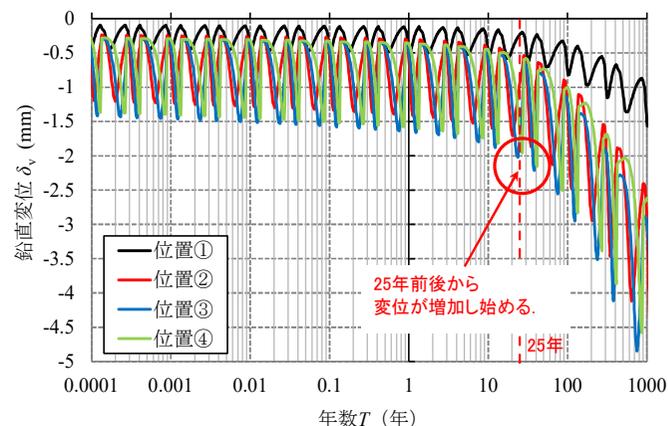
- 床版上面に滞水が見られることから、**疲労耐久性の低下を抑えるために水の供給を遮断する対策（防水）が必要**である。

対象上部工	RC床版の形状 (床版厚)	部材厚さの想定
第4径間	$t = 180\text{ mm}$	初期厚さ（補修後厚さ）
	$t = 155\text{ mm}$	現状の既設部平均厚
	$t = 125\text{ mm}$	現状の既設部最小厚※

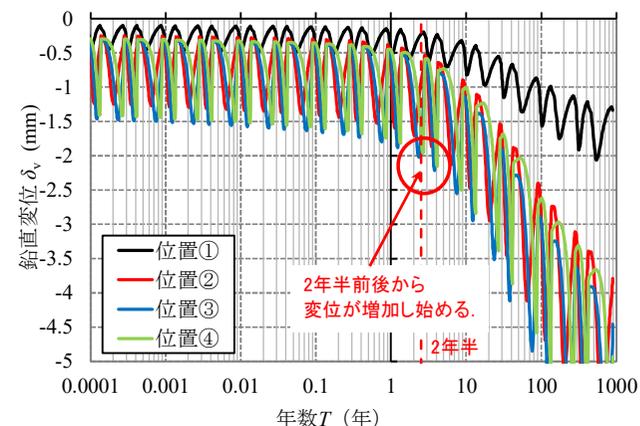
※最も厳しい条件による解析モデル



鉛直変位の抽出位置



(a) 上面が乾燥状態の場合



(b) 上面の水の供給が続いた場合

図11.1 床版の鉛直変位－年数の関係（調査から得られた最小床版厚 $t=125\text{mm}$ の解析モデル）

1 2. 対策の検討

(1) 各径間ごとの個別最適な対策

- 中空床版（1～3径間）は、無対策の場合、早ければ10年程度でPC鋼材破断による破壊に至る可能性があるため、劣化因子（水）の浸入を抑制する対策が必要である。
 - ☞ 対策として「橋面防水」を行う。対策により寿命は40年程度以上に延びる。
- プレビーム桁（4, 5径間：跨線部）は、床版への劣化因子（水）の供給を遮断しても25年程度で破壊に至る可能性があるため、更新または補強の対策が必要となる。
 - ☞ 補強案は床版の打ち替えとなるが、経済的に割高であるとともに、コンクリート片の剥落のリスクが残存、JRの建築限界の制約下での施工性が非常に劣るため、総合評価から「更新」を採用する。
- 中空床版（6～8径間, 9～11径間）は、無対策で供用し続けた場合でも40年程度は破壊の恐れはないが、耐荷性は低下しているため、劣化因子（水）の浸入を抑制する対策を行うのが望ましい。
 - ☞ 対策として「橋面防水」を行うことが望ましい。

(2) 橋梁全体を見据えた対策

- 1～11径間の全体で考えると、跨線部のプレビーム桁から寿命が決まることが判明した。
- これは、側径間は40年程度以上の寿命であるが、プレビーム桁は25年程度の寿命しかなく、プレビーム桁を更新する際に側径間も同時に更新する必要があるためである。
- 同時に更新が必要となる理由は、千歳線が架橋後に電化され建築限界が変更（増加）となったため、跨線部を更新する際は電化の建築限界をクリアする必要があり、そのため桁下高を現状より1.3m程度上げることになる。この**施工基面高の変更に伴い、跨線部の前後の径間も含めた全体を更新する必要が生じる。**
- したがって、**プレビーム桁の更新の際にすべての上部工を更新する。下部工は既設のものを改良（梁の増厚、補強）して用いることを想定している。**プレビーム桁の更新までは、PC中空床版を主桁上面の防水により維持する。

13. 橋面の防水による性能低下の抑制

(1) 橋面の防水による性能低下の抑制の早期実施の必要性（1～5径間）

- 橋面からの水の供給が続いた場合には、プレビーム桁（4, 5径間）のRC床版の疲労破壊や、起点方の中空床版（1～3径間）のPC鋼材の破断による破壊が懸念されることから、**早期に、劣化因子（水）の浸入を抑制する対策が必要**である。

(2) 橋面の防水工に関する留意点

- | | |
|-------------------|--|
| 【脆弱部の断面修復】 | <ul style="list-style-type: none">部材上面の脆弱化したコンクリートを置き換える。断面修復の範囲は、過年度の調査結果や施工記録をもとに設定する。断面修復に用いる材料は、収縮量が小さく、硬化後の剛性が既設部と同程度のものを用いる。プレビーム桁については、上面の脆弱部は極力はつりとる必要があるが、過度なはつりにより床版が貫通すると、コンクリート片が線路や市道に脱落することから、最大はつり深さを決めるとともに、防護等の安全対策を行う。中空床版については、はつり時に上面鉄筋を露出させると張り出し床版に破壊の恐れがあるため、支保工を設置する。 |
| 【床版上面の平坦性】 | <ul style="list-style-type: none">断面修復を行わない既設部の上面については、防水工の施工面の凹凸が小さくなるよう、不陸の修正や研削を行う。防水工を施す断面修復部の上面を平坦に仕上げる。必要に応じて不陸の修正や研削や、レイタンスを除去する。 |
| 【防水工】 | <ul style="list-style-type: none">シート系防水等の耐久性に対する信頼性の高い工法により橋面の防水を行う。補修設計においては、施工時の品質保証に関する検査方法を整理する。 |

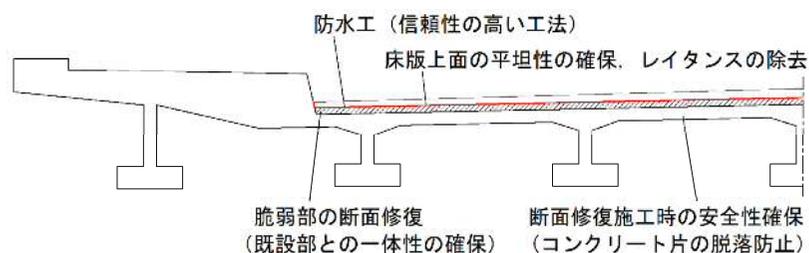


図13.1 プレビーム桁（4, 5径間）のRC床版

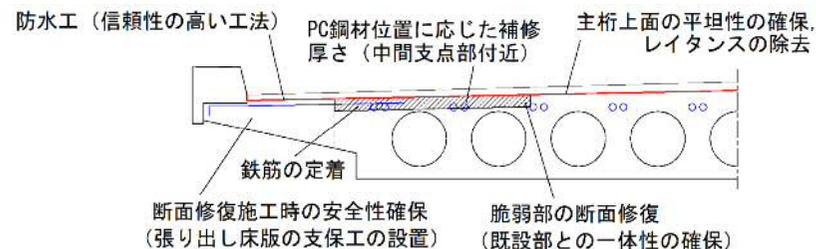


図13.2 起点方の中空床版（1～3径間）

1 4. 令和元年度時の調査解析結果と本検討の違い

(1) 令和元年度の調査解析結果（1-3径間の3径間連続中空床版を対象）

- 採取したコンクリートコアに対する圧縮強度・静弾性係数試験の結果が、本橋の設計基準強度である40 N/mm²にいずれの試料も達しない結果となった（表14.1）。
- 構造解析からは、材料劣化を考慮しても設計荷重に対して性能を満足する結果が得られたものの、設計基準強度に満たないため、構造解析の前提とした条件と実構造物の状態が異なり、解析から得られた耐荷力を発揮しない可能性がある（鉄筋の継手や定着の不良や、PC鋼材の定着部の機能低下によるプレストレスの減少等）。
- また、補修による対策を行ったとしても劣化したコンクリート部分が残存すること、今後、鋼材腐食が懸念されることなどの、耐久性や耐荷性に対するリスクが残余するいることを踏まえて、「更新案」が優れていると判断された。

表14.1 圧縮強度・静弾性係数試験結果一覧（令和元年度，1-3径間）

採取位置	採取箇所	試料名	圧縮強度(N/mm ²)		静弾性係数試験(kN/mm ²)	
			試験結果	設計基準強度	試験結果	設計値
上面	第1径間L側	No.1-1-3	27.9(0.70)	40.0(1.00)	6.89(0.22)	31.0(1.00)
	第1径間R側	No.1-2-3	20.4(0.51)		6.87(0.22)	
	平均値			24.2(0.60)	40.0(1.00)	6.9(0.22)
下面	第2径間中央	No.2-3-1	34.3(0.86)	40.0(1.00)	15.4(0.50)	31.0(1.00)

(2) 令和2年度の調査解析結果（1-3径間についても再調査）

- 径間中央や横桁部の多数の位置で、主桁上面から深い範囲までコンクリートコアを採取して材料試験を実施した。
- 多くの試料から設計基準強度を超える十分な強度があり（付7参照），細目に関する懸念は主桁上面のコンクリートの脆弱部に限定され、実際の耐荷力と構造解析結果との乖離は小さいと考えられる。

補足資料

Appendices



付1. 恵庭跨線橋の概要

付表1.1 橋梁諸元

項目	内容
路線名	市道1116川沿線
橋梁名	恵庭跨線橋
交差条件	市道(4・7・11径間目), JR千歳線(5径間目)
架橋位置	恵庭市
上部工形式	3径間連続PC中空床版+単純PCプレビーム桁(2連) +3径間連続PC中空床版(2連)
設計荷重	TL-20
橋長	225.300m
支間長	3@20.200m+20.200m+20.200m+3@20.200m+3@20.200m
幅員	PC中空床版: 0.50+9.00+0.50=10.00m PCプレビーム桁: 0.50+2.25+9.00+2.25+0.50=14.50m
防護柵種別	PC中空床版: B種車両用防護柵 PCプレビーム桁: B種高欄兼用車両用防護柵
支承形式	ゴム支承
下部工形式	逆T式橋台, 壁式RC橋脚
基礎工形式	鋼管杭基礎
直斜曲線別	直橋
架設年月	昭和47年(1972年)
適用示方書	昭和42年道路橋示方書

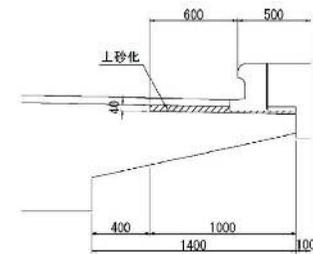
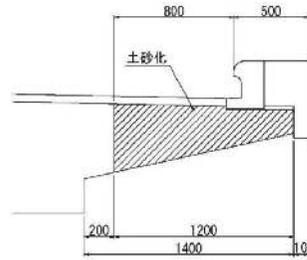
付表1.2 橋梁履歴

年度	工事履歴(補修・補強)	業務履歴(設計・調査)	点検履歴
昭和47年:1972	橋梁竣工	新設設計/北海道開発コンサルタント(現ドーコン)	
平成20年:2008			第1回橋梁点検
平成26年:2014		補修設計/㈱ニュージェック (恵庭跨線橋調査設計委託業務)	
平成27年:2015		耐震補強設計/㈱ダイヤコンサルタント (恵庭跨線橋耐震設計委託業務)	第2回橋梁点検
平成28年:2016	張出床版打替(第1~3径間R側) 張出床版上面断面修復(第6~11径間R側) 地覆・防護柵取替(第1~3, 6~11径間R側) 高欄取替(第4径間), 伸縮装置取替(A1, P3, P8, A2) 橋台断面修復(A2), 橋脚耐震補強(P6, P7, P8)	修正設計(張出床版打替)/㈱ニュージェック (恵庭跨線橋補修工事)	
平成29年:2017	張出床版打替(第1~3径間L側) 橋面防水, 張出床版上面断面修復(第4~5径間L側) 地覆・防護柵取替(第1~3径間L側) 高欄取替(第5径間), 伸縮装置取替(P4, P5) 上部工ひび割れ補修・表面含浸材(第5径間) 沓座拡張・橋脚耐震補強(P4, P5)		
平成30年:2018	橋面防水, 主桁上面断面修復(第1~5径間) 張出床版上面断面修復(第4~5径間R側) 張出床版上面断面修復(第6~11径間L側) 地覆・防護柵取替(第6~11径間L側) 橋脚耐震補強(P9, P10), 落橋防止構造(P8, A2)		
令和元年:2019		舗装変状調査/㈱ダイヤコンサルタント 調査・検討/北武コンサルタント(株) (恵庭跨線橋補修設計に係る既設構造物詳細調査解析委託業務)	
備考	<ul style="list-style-type: none"> ・S47竣工:設計図, 上部工設計計算書(PCホロー, プレビーム), 下部工設計計算書, 数量計算書 ・H26設計:設計成果有り(補修設計:報告書, 補修図, 数量計算書) ・H28設計:設計成果有り(修正設計:報告書, 補修図, 数量計算書) 		

付1. 恵庭跨線橋の概要

(1) 平成28年（2016年）度補修工事

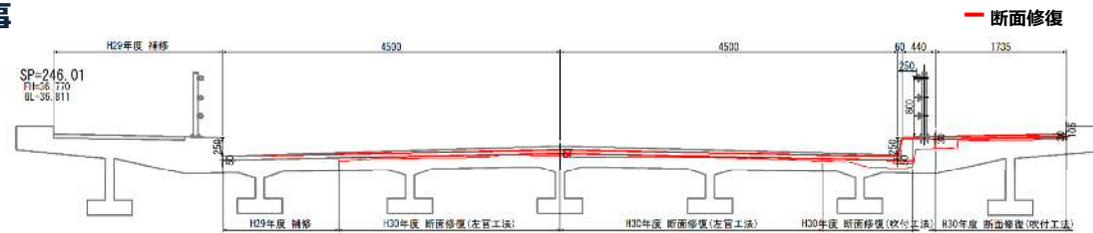
張出床版打替（第1～3径間R側）
 張出床版上面断面修復（第6～11径間R側）
 地覆・防護柵取替（第1～3, 6～11径間R側）
 高欄取替（第4径間）、伸縮装置取替（A1, P3, P8, A2）
 橋台断面修復（A2）、橋脚耐震補強（P6, P7, P8）



付図1.1 平成28年度 PC中空床版桁 張出し床版の状況（左図：1～3径間、右図：6～11径間）

(2) 平成29年（2017年）度補修工事

張出床版打替（第1～3径間L側）
 橋面防水、張出床版上面断面修復（第4～5径間L側）
 地覆・防護柵取替（第1～3径間L側）
 高欄取替（第5径間）、伸縮装置取替（P4, P5）
 上部工ひび割れ補修・表面含浸材（第5径間）
 沓座拡張・橋脚耐震補強（P4, P5）



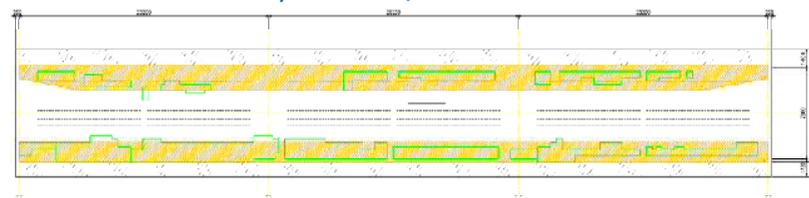
付図1.2 平成29年度、平成30年度 プレベーム桁断面修復（4, 5径間）

(3) 平成30年（2018年）度補修工事

橋面防水、主桁上面断面修復（第1～5径間）
 張出床版上面断面修復（第4～5径間R側）
 張出床版上面断面修復（第6～11径間L側）
 地覆・防護柵取替（第6～11径間L側）
 橋脚耐震補強（P9, P10）、落橋防止構造（P8, A2）

断面修復使用材料：ポリマーセメントモルタル
 （早期強度発現タイプ、1日で30N/mm²）

凡例	
H29: スケルカ	
H30: 断面修復範囲	



L側補修後



【断面修復後の主桁上面状況】

付図1.3 平成30年度 PC中空床版桁 断面修復範囲（1～3径間）

付2. 現地踏査結果

(1) 3径間連続PC中空床版 ※起点方と終点方は同一の施工会社による施工

- 主桁下面に、ボイド管の下縁の位置に沿った橋軸方向のひび割れと遊離石灰の析出が見られた。この変状は、3連ある3径間連続PC中空床版桁のうち、起点方の1～3径間の桁で最も現れていた。特に、第1径間に最も変状が現れている（付写真2.1）。
- 主桁下面のひび割れと遊離石灰の析出は、中間支点の近傍の正曲げと負曲げが入れ替わる部位にも生じていた。この部位においては、主方向の曲げの影響が小さいことから、荷重作用によらない材料の変化のみによって変状が進行している可能性がある（付写真2.2）。
- 終点方の6～8径間および9～11径間の2基においては、ボイド管に沿ったひび割れが発生している箇所は幾つかの径間で確認されたものの、ひび割れからの遊離石灰の析出が見られたのは、6径間の終点方と7径間目のみであった（付写真2.3）。



付写真2.1 第1径間



付写真2.2 中間支点（第1-2径間）



付写真2.3 第6径間



付写真2.4 第9径間

付2. 現地踏査結果

(2) 単純プレベーム桁

- 床版下面に、亀甲状のひび割れが見られた（付写真2.5）。ひび割れが生じている部位は、主桁G1～G7間のうち構造中心付近であり、車両が走行する位置の直下であった。
- 第4径間では、市道の直上の位置において最も遊離石灰の析出が生じており、主桁上面からの水が供給されているものと考えられる。また、この変状の直上の位置で、舗装に損傷が見られたことから、繰り返しの輪荷重による床版の破壊が懸念される（付写真2.6）。
- 第5径間（跨線部）においても、亀甲状のひび割れと、ひび割れから遊離石灰が析出している箇所が確認された。また、遊離石灰の析出は伴わない亀甲状のひび割れも、複数の部位で生じているものと見られる（付写真2.7、付写真2.8）。
- 床版の損傷または破壊により、線路または市道への床版コンクリートの抜け落ちによる被害が懸念される。



付写真2.5 第4径間RC床版下面



付写真2.6 第4径間RC床版上面の舗装



付写真2.7 第5径間RC床版下面



付写真2.8 第5径間RC床版下面

付3. 3径間連続PC中空床版の解析計画

(1) 3径間連続PC中空床版の検討の流れ

- コンクリートの劣化や体積の経時変化を考慮することで、現存および将来の構造性能を評価する。
- 具体的には、部分モデルを用いて材料-構造連成解析を行い、その結果として得られるコンクリートの変化を構造解析モデルに反映する。部分モデルにより材料-構造連成解析を行う際の、コンクリートの配合等に関する条件や、環境条件（温度や湿度、水の供給等）は、実橋梁の調査の結果を用いる。

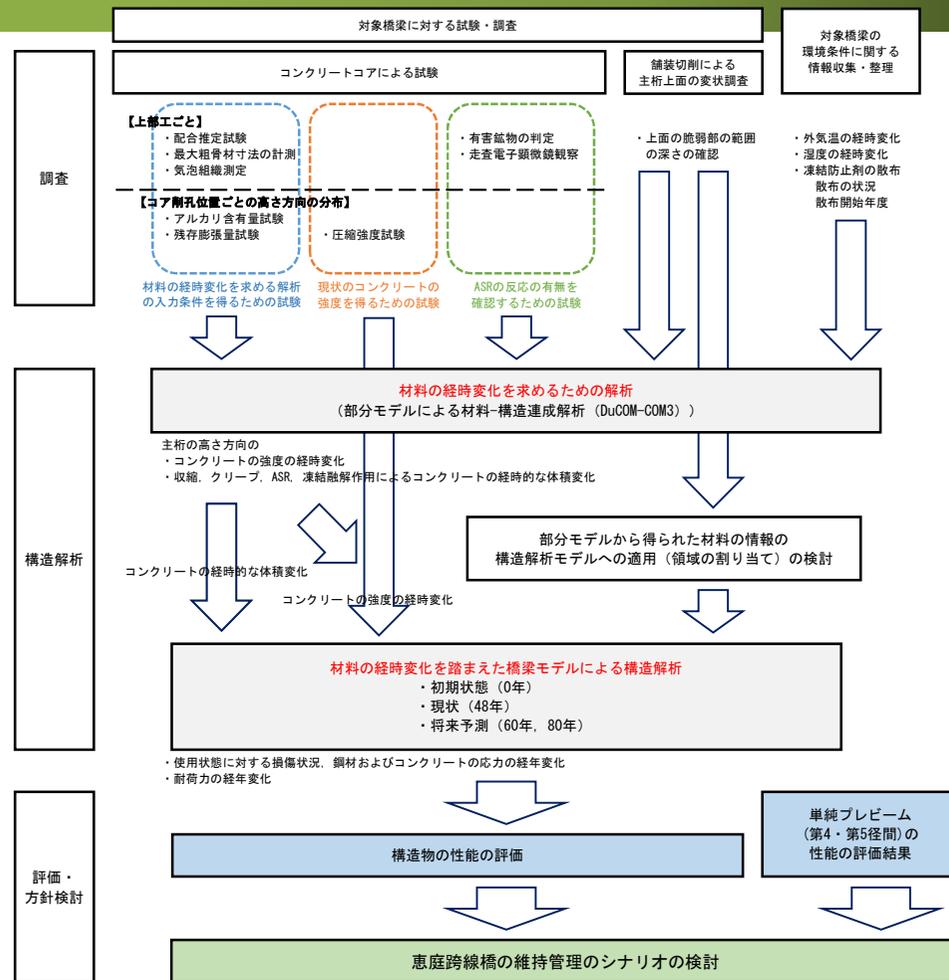
(2) 検討条件

- 調査から得られた材料強度や、材料の経時変化に関する解析から得られたコンクリートの体積変化を構造解析モデルに与えることで、材料の変化によって生じる損傷等を模擬する。

付表3.1 構造解析の検討条件

	コンクリートの変状要因※	主方向 PC 鋼材
検討条件 A	凍結融解作用	すべて有効
検討条件 B	ASR	
検討条件 C	凍結融解作用	主桁内の滞水部の PC 鋼材を無効

※凍結融解作用や ASR に対する材料の経時変化の解析結果に基づく

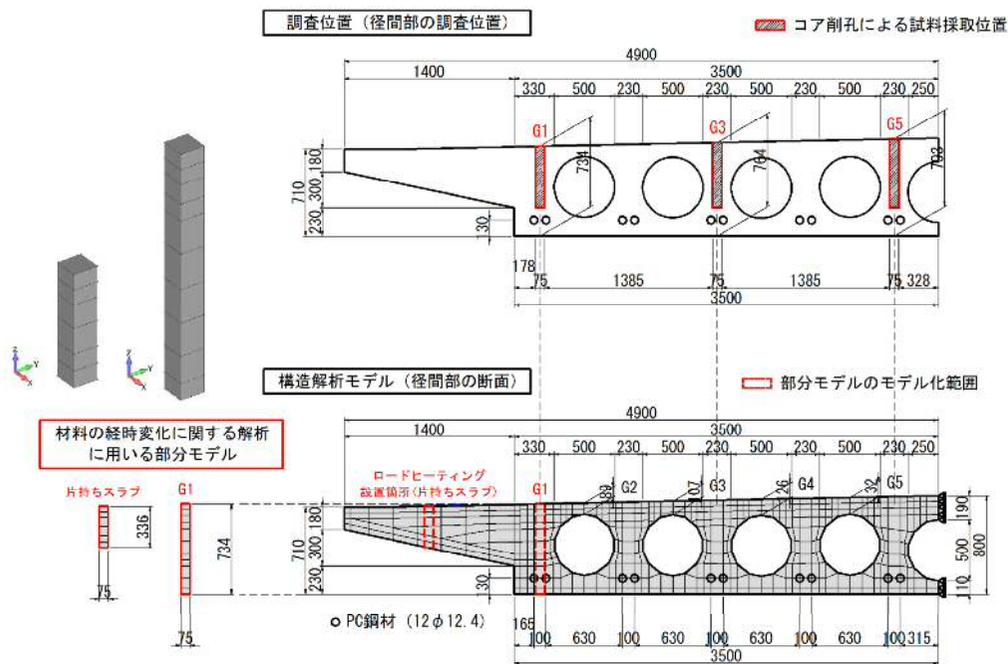


付図3.1 3径間連続PC中空床版に関する検討の流れ

付3. 3径間連続PC中空床版の解析計画

(3) 部分モデルによるコンクリートの経時変化に関する検討

- 部分モデルによるコンクリートの経時変化に関する検討は、付図3.2に示すコア削孔による試料を模擬した75mm×75mmの矩形断面とした棒状のモデルを用いて行う。



付図3.2 コンクリートの経時変化を求めるための部分モデルの位置

(4) 解析条件を得るための材料試験および環境条件の調査

付表3.2 コンクリートの配合条件と材料劣化の分布を得るための材料試験

試験の対象	試験項目	備考
上部工ごと共通 (上部工あたり 1試験)	配合推定試験(単位セメント量, 単位骨材量, 単位水量)	部分モデルによる 解析の入力条件
	骨材の最大粗骨材径	
	気泡組織測定(空気量, 気泡径分布)	ASRの反応の有無 に関する参考
	有害鉱物の判定	
調査位置および 構造物上面から の深さごと (1コア内で複 数の試験)	走査電子顕微鏡観察(ASRの反応状況)	内在と浸透分の アルカリの評価 膨張量曲線の同定のため の日安
	アルカリ含有量試験 (総アルカリ量, ナトリウム含有量, カリウム含有量 (kg/m ³))	
	残存膨張量試験(今後の潜在的な膨張量 アルカリ溶液浸漬法(カナダ法)) 圧縮強度試験	

付表3.3 環境条件を得るための調査

適用	調査項目	備考
上部工ごと共通	外気温の経時変化	気象庁のデータベースによる
橋梁で共通	湿度の経時変化	気象庁のデータベースによる

付4. プレベーム桁RC床版の解析計画

(1) 高サイクル疲労損傷の影響を考慮した材料モデル

- 高サイクル疲労損傷の影響は、コンクリートの圧縮、引張、ひび割れ面のせん断応力伝達の材料構成則に対して、繰返し载荷による塑性変形の進行や剛性の低下として考慮される。

(2) 検討条件

- 調査から得られたRC床版の部材厚や、材料試験から得られた材料特性を構造解析モデルに与える。
- RC床版の部材厚は、実橋梁の調査においてコンクリートコア採取により計測した結果を用いる。脆弱部（補修部）を除いた部材厚を用いることで、材料劣化の影響を考慮している。
- ケース3の部材厚125mmは、調査から得られた現状の最小厚の部位の厚さの床版（t=125mm一定）とした解析モデルである。

付表4.1 RC床版の押抜き破壊に対する疲労寿命の評価の検討ケース

ケース	対象上部工	RC床版の形状（部材厚）	部材厚さの想定
1	第4径間	t = 180 mm	初期厚さ（補修後厚さ）
2		t = 155 mm	現状の既設部平均厚
3		t = 125 mm	現状の既設部最小厚

付図4.1 高サイクル疲労損傷の影響を考慮した材料モデル

	圧縮モデル	引張りモデル	ひびわれ面せん断伝達モデル
基本構成則	<p>応力-ひずみ曲線</p> $\sigma = E_0 K_0 \varepsilon_e$ $\varepsilon = \varepsilon_p + \varepsilon_e$	<p>応力-ひずみ曲線</p> $\sigma = E_1 K_1 \varepsilon_e$ $\varepsilon = \varepsilon_p + \varepsilon_e$	<p>せん断応力-せん断変形/せん断ひずみ関係</p> $\tau = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} R'(\omega, \delta, \theta) \sin \theta d\theta$
高サイクル疲労モデル	<p>破壊パラメータ K_1 に高サイクル疲労を表現する関数 λ を導入</p> $dK_1 = \left(\frac{\partial K_1}{\partial t} \right) dt + \left(\frac{\partial K_1}{\partial \varepsilon_e} \right) d\varepsilon_e$ <p>El-Kashif and Maekawa 2004</p>	<p>破壊パラメータ K_2 に、繰返し荷重による損傷を表す項が含まれる</p> $dK_2 = Fdt + Gd\varepsilon_e + Hd\varepsilon_e$ <p>Maekawa et al. 2003, Hisasue 2005</p>	<p>オリジナルのモデルに、繰返し荷重による応力低下を示す係数 λ を導入</p> $\tau = \lambda \tau_0(\delta, \theta)$ $\lambda = 1 - \frac{1}{10} \log_{10} \left[1 + \int d(\delta/\omega) \right] \geq 0.1$ <p>Li & Maekawa 1989 Gebreyouhannes 2006</p>
物理的意味	コンクリート内部に発生する微細なクラックによる連続的な組織破壊に伴う、圧縮剛性の低下	コンクリートのひびわれ以後、鉄筋とコンクリートの付着疲労で生じる、引張剛性の低下	繰返し荷重によりコンクリートひび割れ表面が平滑化し、ひびわれに沿った方向のせん断伝達力が低下

藤山知加子, 前川宏一 他: 直接経路積分法に基づく鋼コンクリート合成床版の疲労寿命推定と損傷モード, 土木学会論文集A, Vol.66, No.1, pp.106-116, 2010 より。

付5. 詳細調査の目的と調査位置

(1) 詳細調査の目的

- ①主桁および床版の変状調査では、部材の変状を把握することを目的として、主桁および床版上面の脆弱部の範囲と深さを得るための切削調査、脆弱部の深さおよび材料試験を行うためのコアボーリングを行う。
- ②コンクリートコアによる材料試験は、性能評価に用いるコンクリートの材料物性値等を把握することを目的とする（材料試験項目は、付表3.2 参照）。

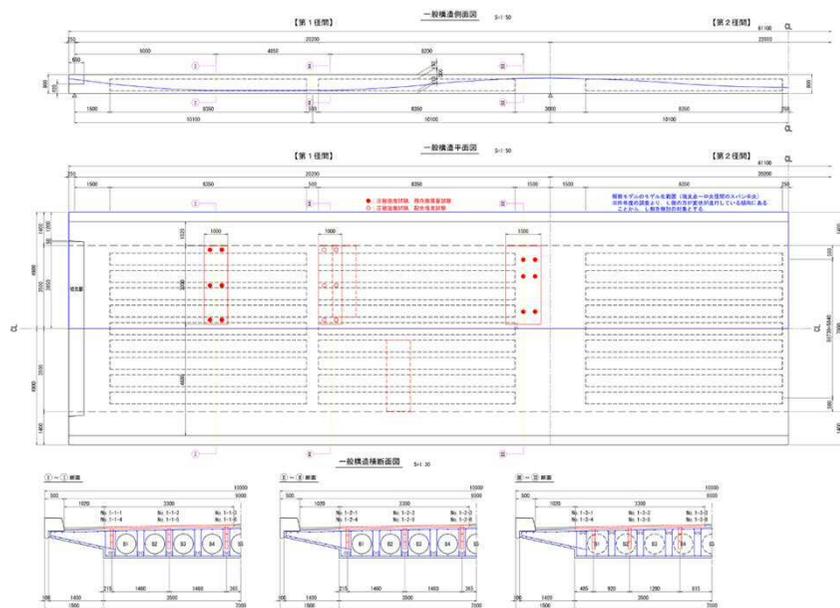
(2) 調査位置

PC中空床版：

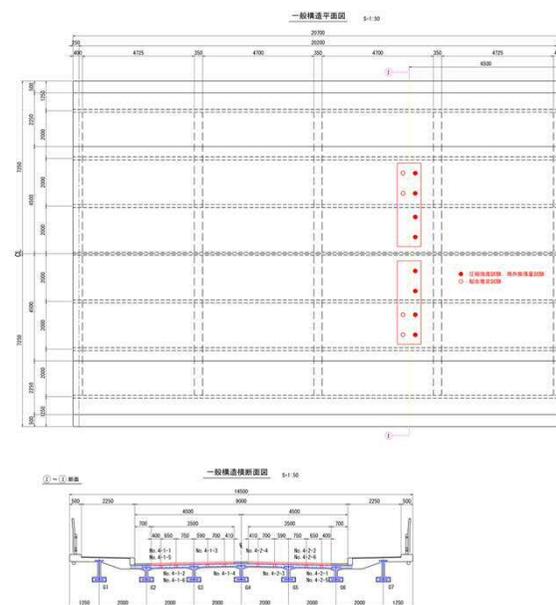
- 第1～2径間（付図5.1）
- 第7～8径間

プレビーム桁RC床版：

- 第4径間（付図5.2）



付図5.1 PC中空床版 調査位置図（例，第1～2径間）



付図5.2 プレビーム桁RC床版調査位置図（第4径間）

付6. 舗装切削後の主桁上面と採取したコンクリートコアの状況

(1) 3径間連続PC中空床版（起点方）

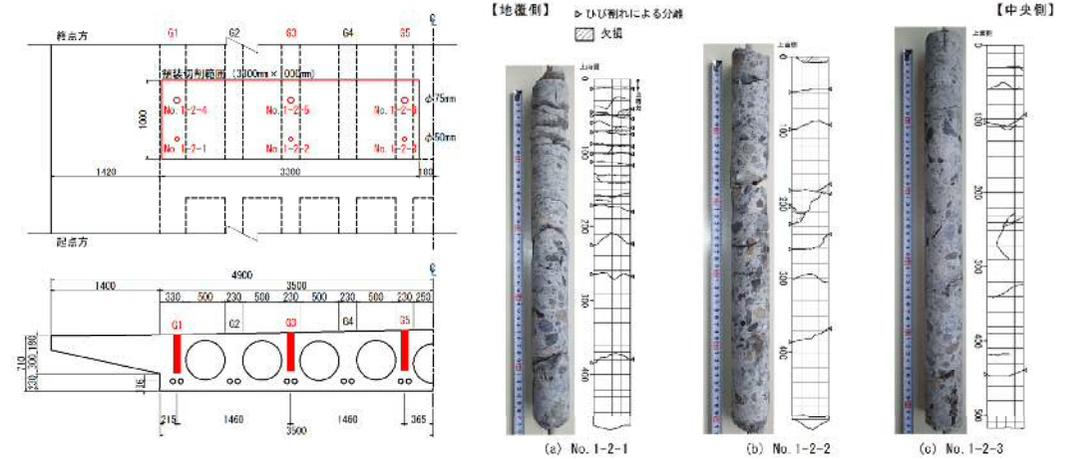


付写真6.1 No.1-2 第1径間-2 舗装切削後の主桁上面の状況

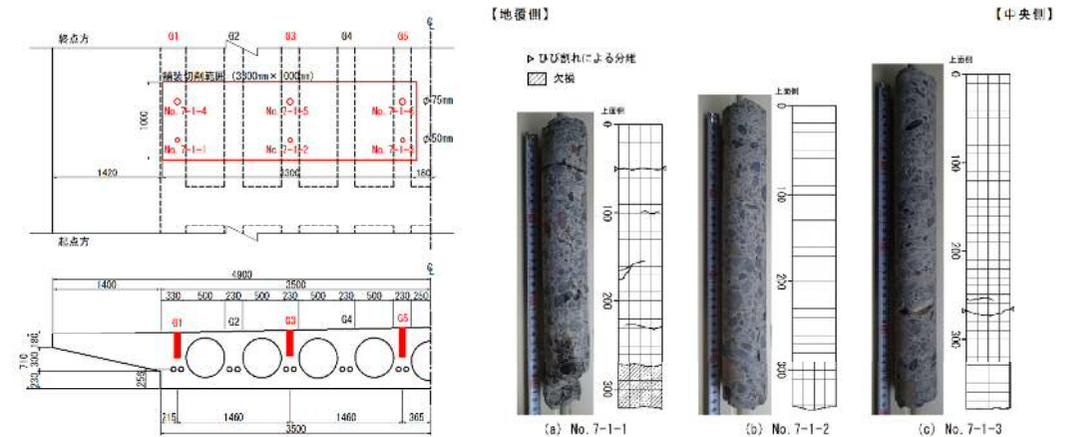
(2) 3径間連続PC中空床版（終点方）



付写真6.2 No.7-1 第7径間-1 舗装切削後の主桁上面の状況



付図6.1 No.1-2 第1径間-2 採取したコアのひび割れ状況



付図6.2 No.8-1 第8径間-1 採取したコアのひび割れ状況

付6. 舗装切削後の主桁上面と採取したコンクリートコアの状況

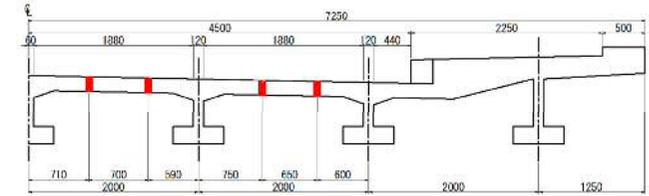
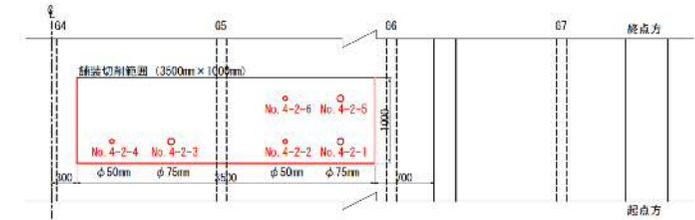
(3) プレキャストRC床版 (第4径間)



付写真6.3 No.4-1 第4径間-1 (L側) 舗装切削後の床版上面の状況



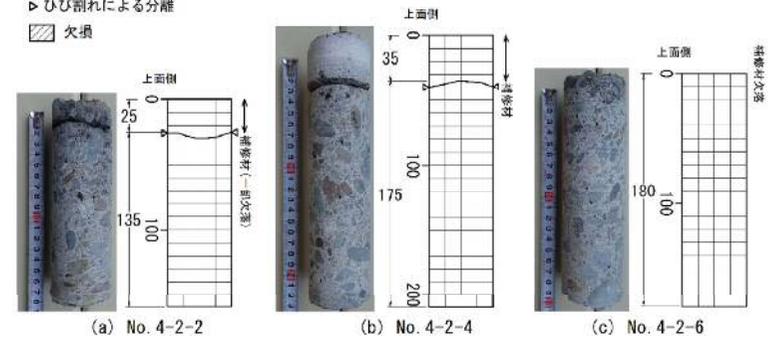
付写真6.4 No.4-2 第4径間-2 (R側) 舗装切削後の床版上面の状況



【地覆側】

【中央側】

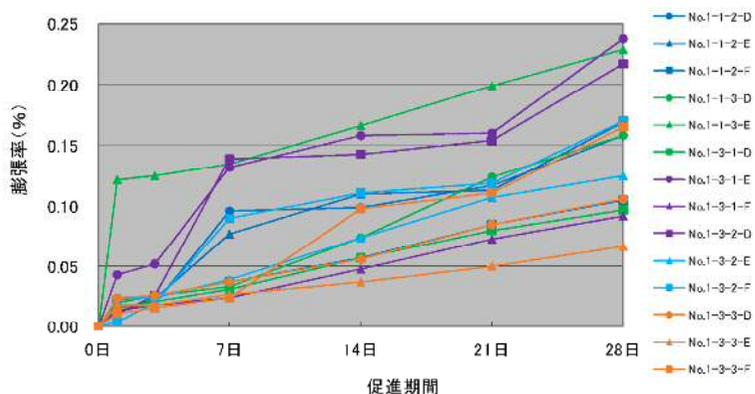
▷ ひび割れによる分離
 ◻ 欠損



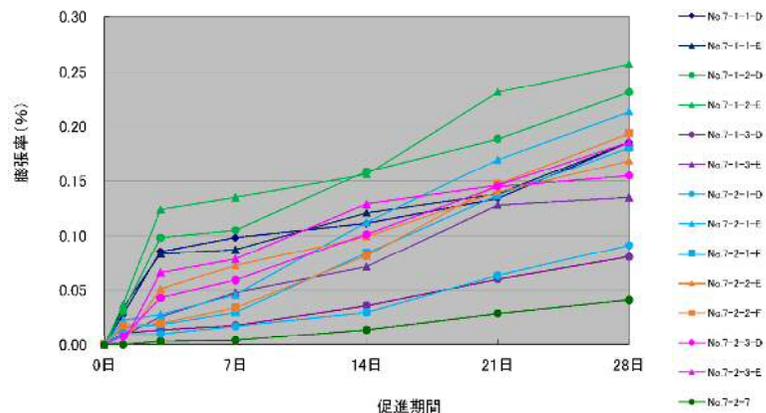
付図6.3 No.4-2 第4径間-1 (R側) 採取したコンクリートコアのひび割れ状況

付7. 残存膨張量試験および圧縮強度試験結果

(1) 残存膨張量試験（カナダ法）結果

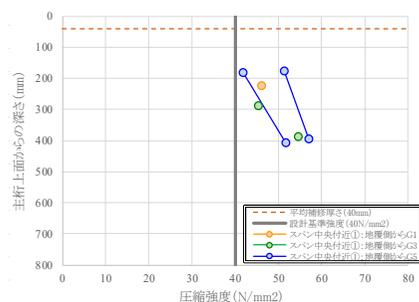


付図7.1 促進期間中の膨張率の変化（第1-3径間PC中空床版）

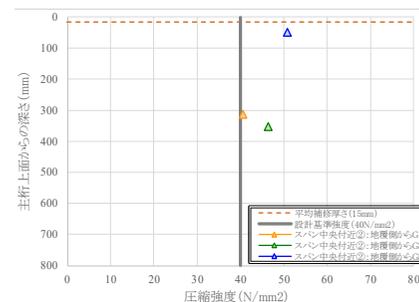


付図7.2 促進期間中の膨張率の変化（第6-8径間PC中空床版）

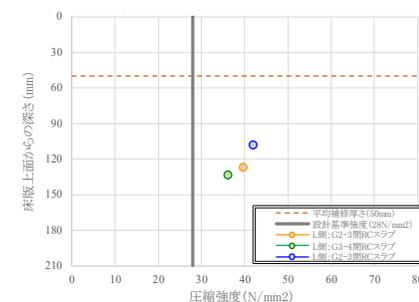
(2) 圧縮強度試験結果



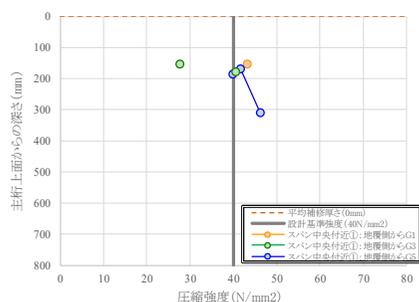
(a) 第1-3径間（スパン中央付近①）



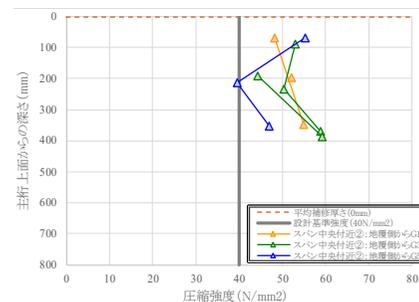
(b) 第1-3径間（スパン中央付近②）



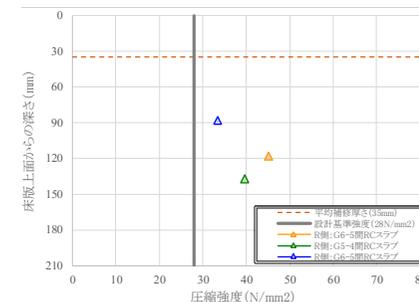
(a) 第4径間（L側）



(c) 第6-8径間（スパン中央付近①）



(d) 第6-8径間（スパン中央付近②）



(b) 第4径間（R側）

付図7.3 主桁上面から深さ方向の圧縮強度の分布（PC中空床版）

付図7.4 床版上面から深さ方向の圧縮強度の分布（プレビューRC床版）

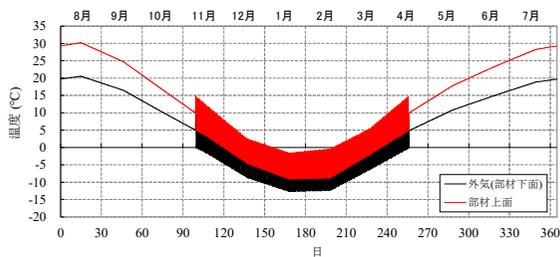
付8. 材料の経時変化に関する解析

(1) 検討方法

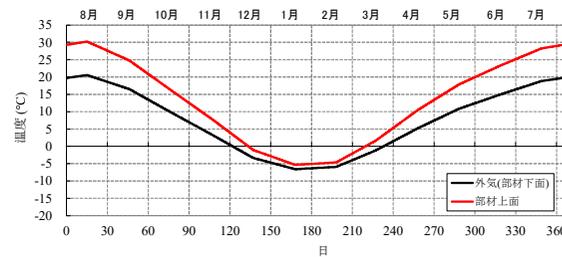
- 凍結融解作用およびASRによるコンクリートの材料特性や体積変化の経時的な変化を求める。(解析モデルは、付3.(3)を参照)
- 解析には、東京大学コンクリート研究室が開発中の材料-構造連成解析システムDuCOM-COM3を用いる。
- 凍結融解作用に関する解析とASRに関する解析を行う。

(2) 材料の経時変化に関する解析に用いる解析モデル

- 構造解析モデルの断面高さ方向の要素分割に基づき、要素を鉛直方向に並べるモデルを用いる(付図3.2)。
- 配合は、採取したコンクリートコア試料を用いて実施した配合推定試験の結果に基づき設定する。
- 供用45年頃に行われた主桁上面の断面修復の影響は考慮していない。**



付図8.1 温度時刻歴波形1



付図8.2 温度時刻歴波形3

付表8.1 凍結融解作用に関する検討ケース

対象構造物 (配合等の条件)	Case 名称	部分 解析 モデル	上下面の湿度 RH		上下面の温度 の履歴
			上面	下面	
① 3径間連続 PC中空床版 (第1~3径間)	F1-1	主桁	100~69% (乾湿繰返し)	69% (外気)	1. 季節変動+冬季期間の日変動 ※
	F1-2	G1部	69% (外気)	69% (外気)	1. 季節変動+冬季期間の日変動 ※
② 3径間連続 PC中空床版 (第6~8径間)	F2-1	主桁	100~69% (乾湿繰返し)	69% (外気)	1. 季節変動+冬季期間の日変動 ※
	F2-2	G1部	69% (外気)	69% (外気)	1. 季節変動+冬季期間の日変動 ※

※: 上面側に与える温度の時刻歴には、舗装の影響を考慮して補正した温度時刻歴を用いる。

付表8.2 ASRに関する検討ケース

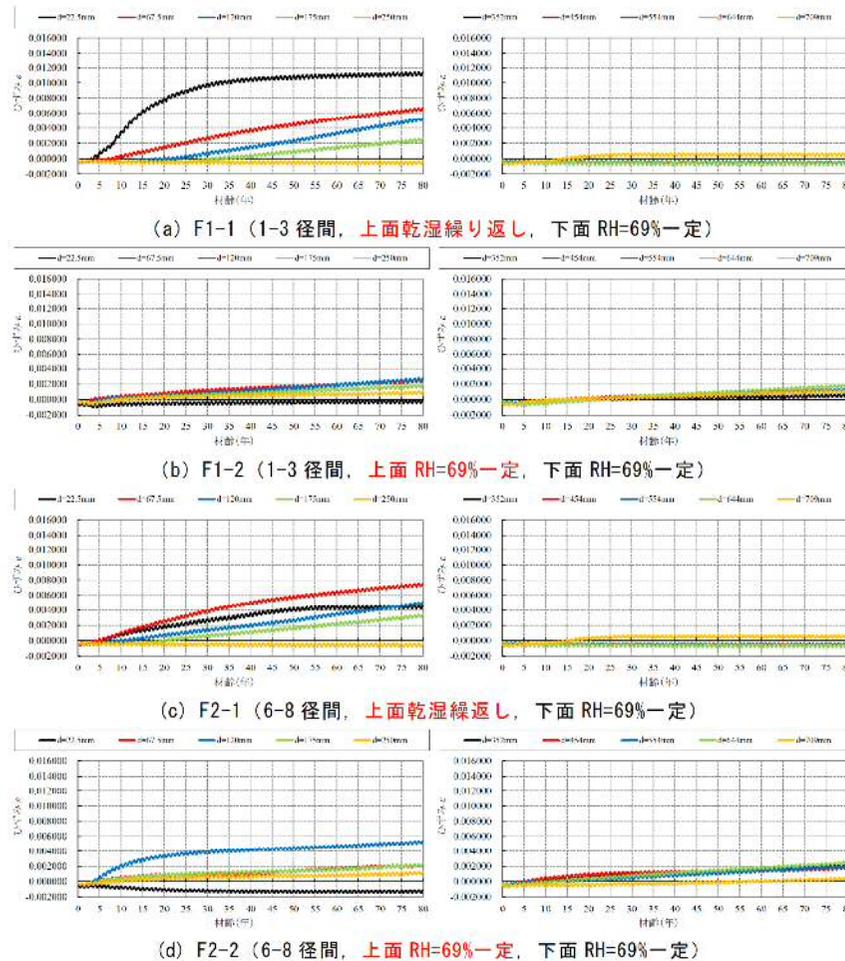
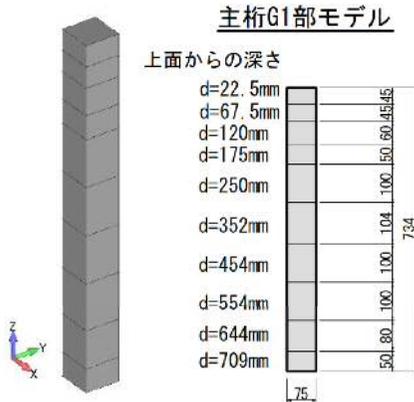
対象構造物 (配合等の条件)	Case 名称	部分 解析 モデル	上下面の湿度 RH		上下面の温度 の履歴	ASR 促進 試験
			上面	下面		
① 3径間連続 PC中空床版 (第1~3径間)	A1-0	主桁 G1部	69% (外気)	69% (外気)	3. 季節変動のみ※	●
	A1-1		100~69% (乾湿繰返し)	69% (外気)	3. 季節変動のみ※	
	A1-2		69% (外気)	69% (外気)	3. 季節変動のみ※	
② 3径間連続 PC中空床版 (第6~8径間)	A2-0	主桁 G1部	69% (外気)	69% (外気)	3. 季節変動のみ※	●
	A2-1		100~69% (乾湿繰返し)	69% (外気)	3. 季節変動のみ※	
	A2-2		69% (外気)	69% (外気)	3. 季節変動のみ※	

●: 48年経過までを表中の湿度と温度の条件とし、それ以降を、残存膨張試験の条件(養生条件: 80°Cの1±0.01mol/lのNaOH水溶液、促進期間28日間)として解析を行う。ASR促進時の膨張量が、材料試験結果と同程度となる時の、骨材の反応性の条件設定を検討する。

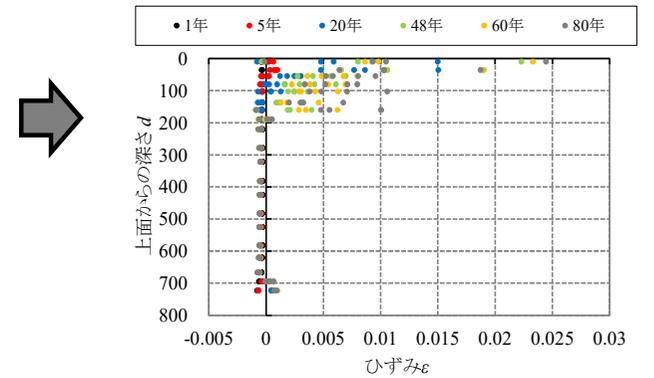
※: 上面側に与える温度の時刻歴には、舗装の影響を考慮して補正した温度時刻歴を用いる。

付8. 材料の経時変化に関する解析

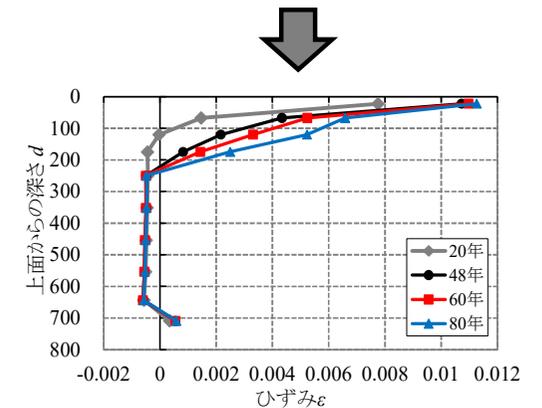
(3) 解析結果の例 (凍結融解作用)



付図8.3 凍結融解作用に対する鉛直方向のひずみの経時変化



付図8.4 高さ方向のひずみの分布
(F1-1: 1-3径間, 上面乾湿繰り返し)

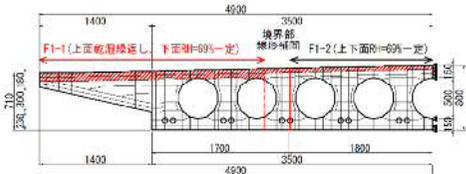


付図8.5 凍結融解作用によって生じる
ひずみの構造解析モデルへの入力値
(1-3径間, 上面乾湿繰り返し)

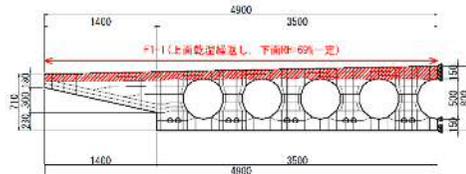
付9. 3径間連続PC中空床版の性能評価

(1) 検討方法

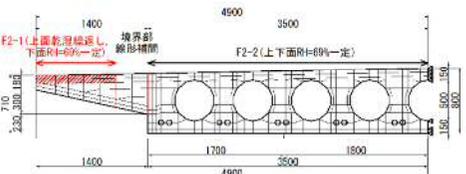
- 材料の経時変化に関する解析から得られたコンクリートの体積変化を考慮することで、体積変化によって生じる損傷を考慮する。



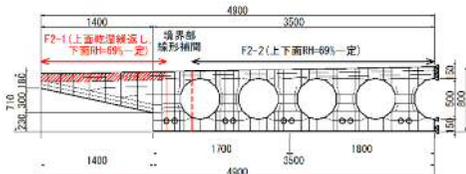
(a) 1-3径間：1F-T48, 1F-T60, 1F-T80



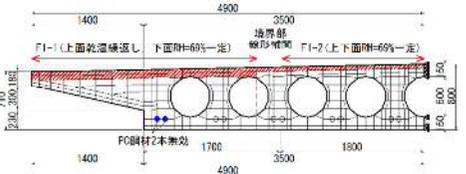
(b) 第1-3径間：1FH-T80 (経年80年)



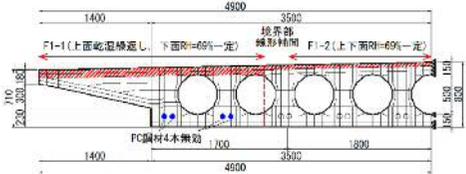
(c) 6-8径間：2F-T48, 2F-T60, 2F-T80



(d) 6-8径間：2FH-T80 (経年80年)



(e) 1FP-T60 (経年60年, 2本のPC鋼材を無効と仮定して解析)



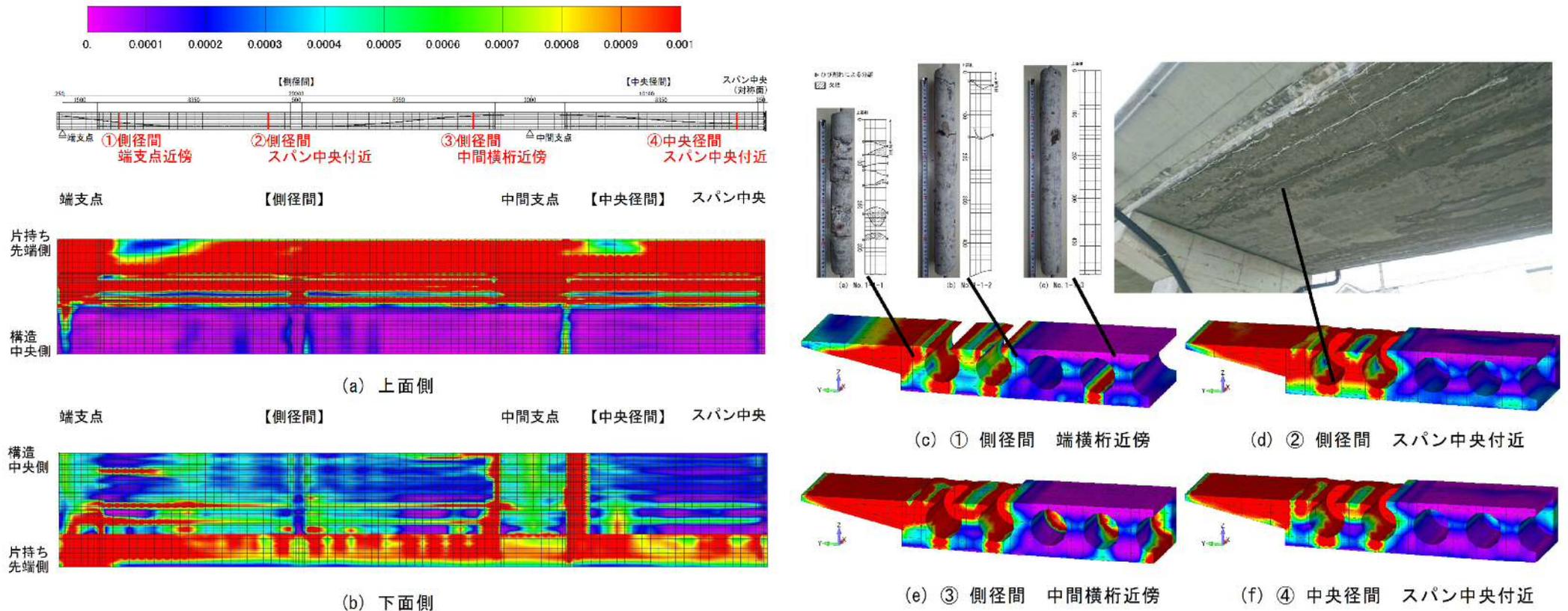
(f) 1FP-T80 (経年80年, 4本のPC鋼材を無効と仮定して解析)

付表9.1 上部工の現況および将来の性能評価の検討ケース

ケース	対象 上部工	経年	状態	滞水の範囲	材料の変状 の要因	
T0	共通	0年	初期状態	—	—	
1F-T48	1-3 径間	48年	現況	現状を維持	凍結融解作用	
1F-T60		60年	将来予測			
1F-T80		80年				
1FH-T60		60年		主桁上面の滞水範囲 が構造中央側へ進展		
1FH-T80		80年				
1FP-T60		60年		現状を維持	凍結融解作用 +PC 鋼材無効	
1FP-T80		80年				
1A-T48		48年	現況	現状を維持	ASR	
1A-T60	60年	将来予測				
1A-T80	80年					
2F-T48	6-8 径間	48年	現況	現状を維持	凍結融解作用	
2F-T60		60年	将来予測			
2F-T80		80年				
2FH-T60		60年		主桁上面の滞水範囲 が構造中央側へ進展		
2FH-T80		80年				
2A-T48		48年		現況	現状を維持	ASR
2A-T60		60年		将来予測		
2A-T80		80年				

付9. 3径間連続PC中空床版の性能評価

(2) 凍結融解作用によって生じるひずみを構造解析モデルに入力した状態の例

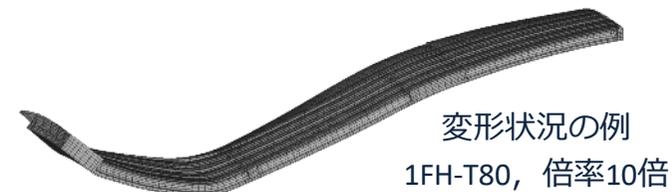
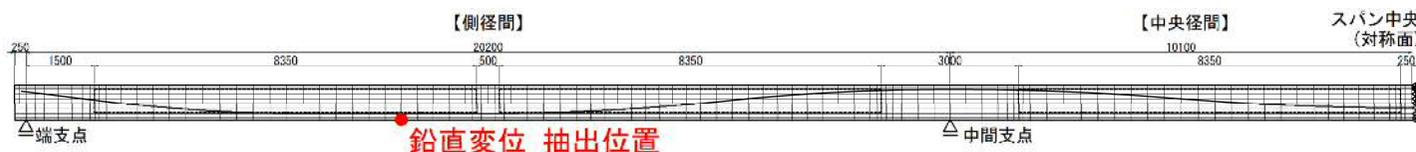


付図9.1 最大主ひずみ 1F-T48 (1-3径間, 経年48年, 凍結融解作用)

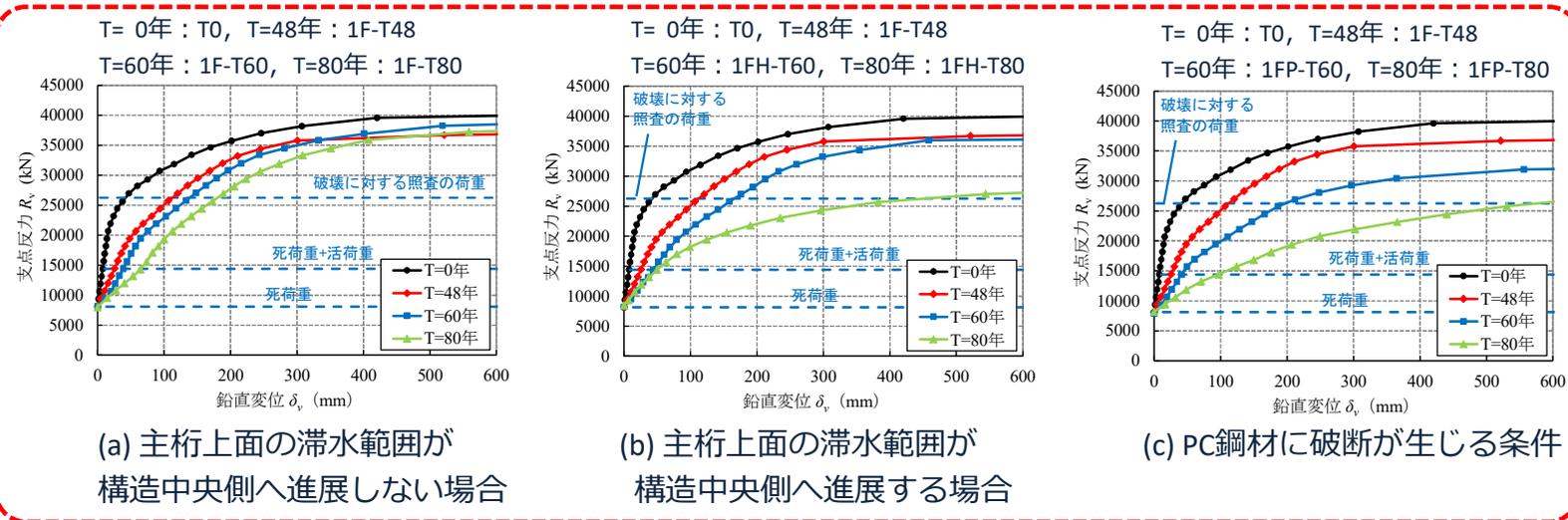
付9. 3径間連続PC中空床版の性能評価

(3) 活荷重によるプッシュオーバー解析結果

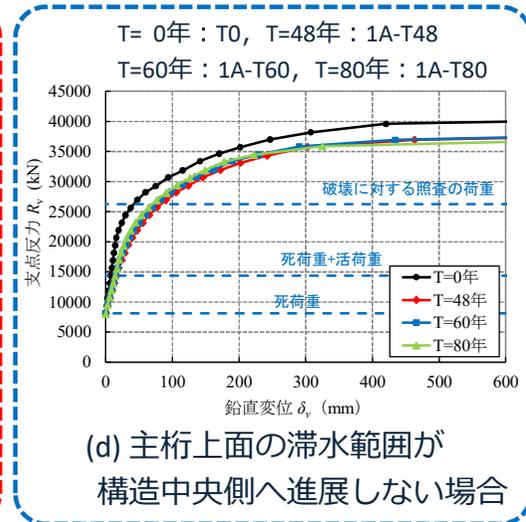
- 凍結融解作用またはアルカリ骨材反応によるコンクリートの体積変化を構造解析モデルに与えた後に、橋面上の荷重（活荷重）を、主桁が破壊に至るまで増加させた。



凍結融解作用



アルカリ骨材反応



付図9.2 支点反力－鉛直変位関係（1-3径間） ※活荷重載荷前を0mmとして示している

付9. 3径間連続PC中空床版の性能評価

(4) 現有性能の評価および将来性能の予測結果

① 耐荷性能について

【現有性能】

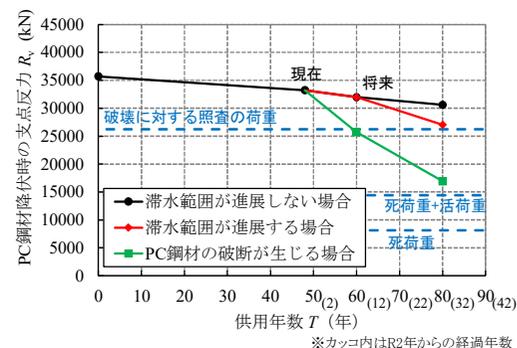
- 設計活荷重に対して安全性を有している。1-3径間と6-8径間のいずれにおいても、現在のPC鋼材降伏時の支点反力は、破壊に対する照査の荷重を上回っている。

【将来性能】

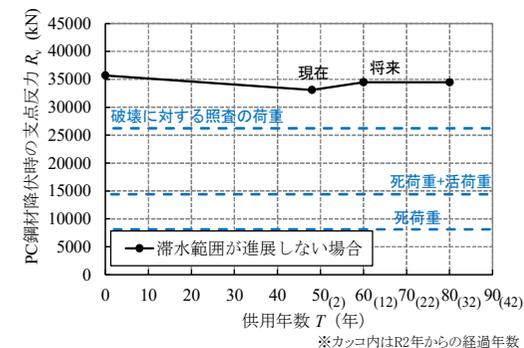
- 凍結融解作用により、耐荷力の低下が見られた。
- 主桁上面の滞水範囲が構造中央側へ進展しない場合には、PC鋼材降伏耐力の経年による低下は緩やかである。
- 主桁上面の滞水範囲が構造中央側へ進展する場合には、主桁上面全体に滞水およびコンクリートの脆弱化が想定される1-3径間の経年80年で、耐力の低下が見られる。
- PC鋼材の破断を想定した場合においては、4本のPC鋼材の破断を仮定した経年80年で、破壊に対する照査の荷重を大きく下回り、死荷重+活荷重分程度まで耐力が低下する。

② 耐久性能について

- PC鋼材の破断は、主桁上面からの水の供給による鋼材の腐食が原因となり引き起こされることから、PC鋼材の腐食の進行を抑制するためには、水の供給を遮断（防水）することが必要となる。

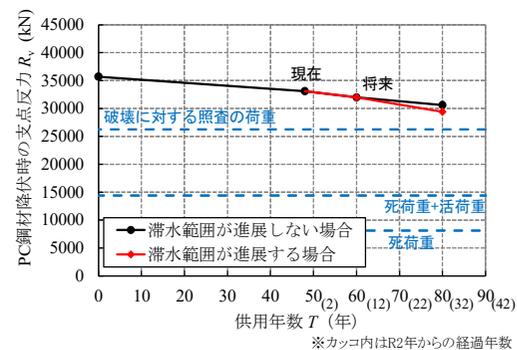


(a) 凍結融解作用

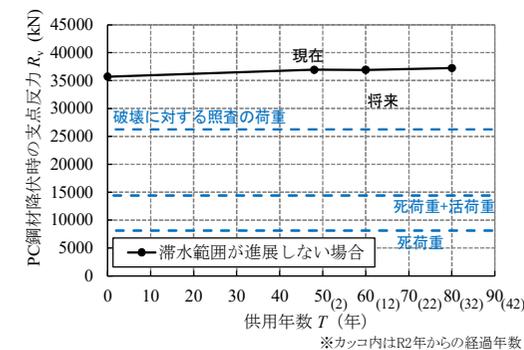


(b) アルカリ骨材反応

付図9.3 PC鋼材降伏時の支点反力の経年変化（1-3径間）



(a) 凍結融解作用



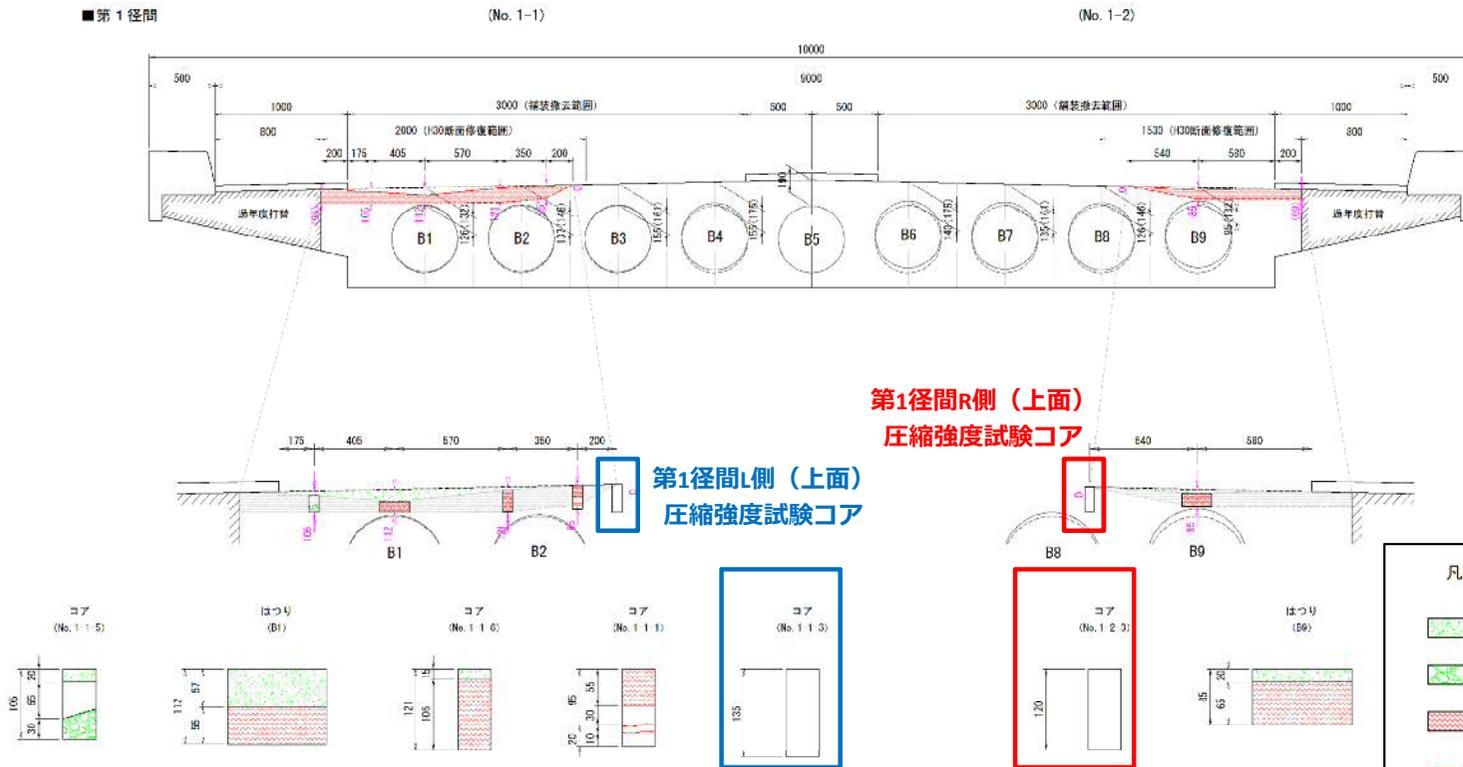
(b) アルカリ骨材反応

付図9.4 PC鋼材降伏時の支点反力の経年変化（6-8径間）

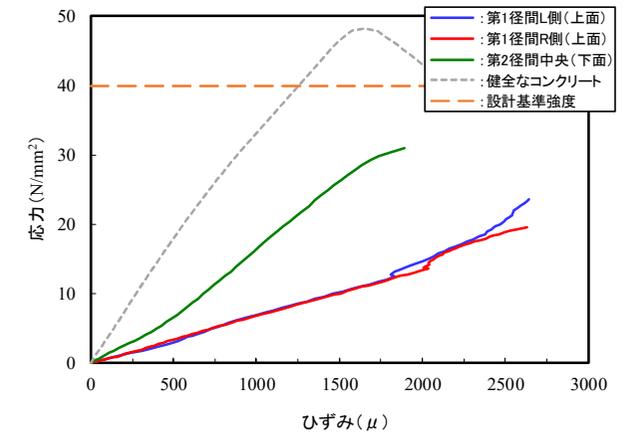
付10. 令和元年度のコンクリート調査位置

(1) 令和元年度の調査位置（1-3径間の3径間連続中空床版を対象）

- 主桁上面から120または135mmまでの深さのコンクリートコアを用いて圧縮強度・静弾性係数試験を実施した。
- 試料の採取位置は、コンクリートの劣化の近傍であった。



付図10.1 主桁上面の変状調査結果（令和元年度 第1径間）



付図10.2 応力-ひずみ関係
（令和元年度，1-3径間）

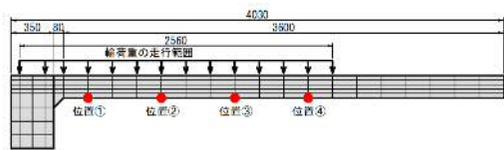
付11. プレベーム桁RC床版の性能評価

(1) 検討方法

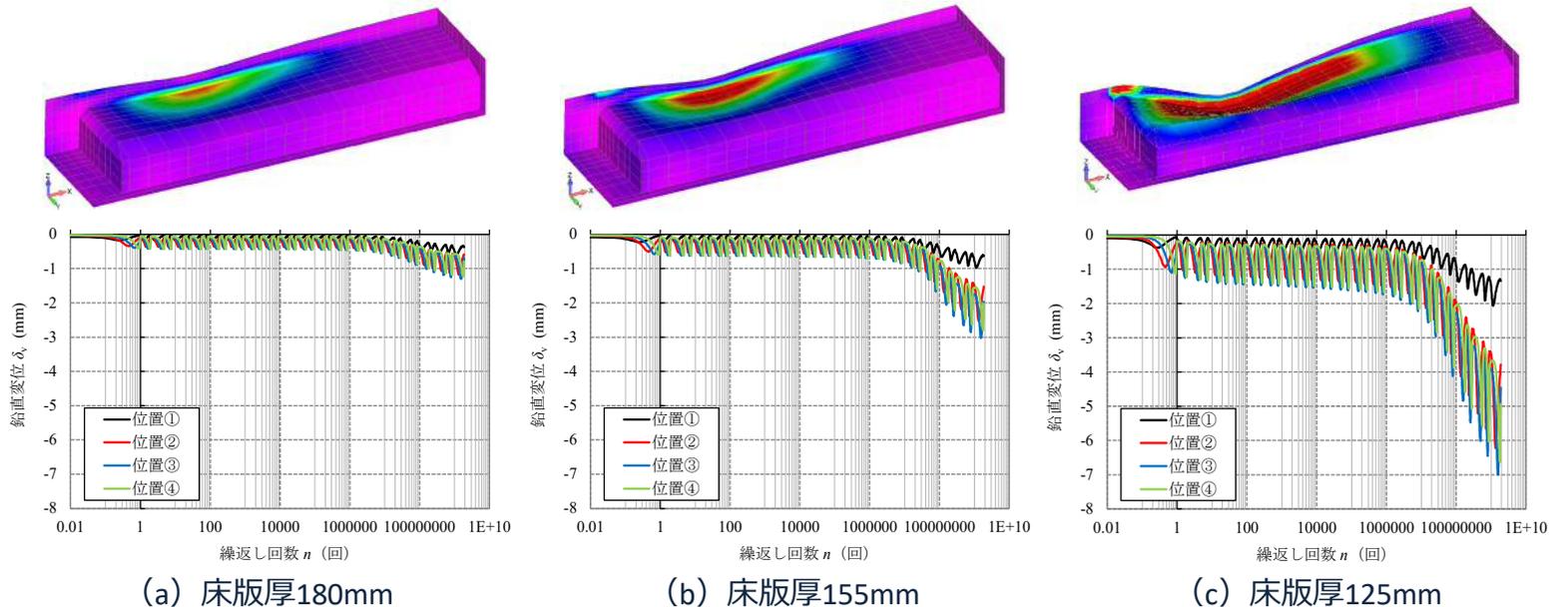
- 輪荷重の繰返し载荷の影響を考慮した非線形FEM解析を用いて、押抜き破壊に対する疲労寿命を評価する。
- RC床版の構造解析においては、調査から得られたRC床版の部材厚や、材料試験から得られたコンクリートの材料特性を構造解析モデルに与える。

(2) 解析結果

- 移動荷重による疲労解析



鉛直変位の抽出位置



付図11.1 輪荷重の繰返し回数に対するRC床版の鉛直変位の変化

付表11.1 RC床版の押抜き破壊に対する疲労寿命の評価の検討ケース

ケース	対象上部工	RC床版の形状 (部材厚)	部材厚さの想定
1	第4径間	t = 180 mm	初期厚さ (補修後厚さ)
2		t = 155 mm	現状の既設部平均厚
3		t = 125 mm	現状の既設部最小厚

付11. プレベーム桁RC床版の性能評価

(3) 性能の評価結果

① 耐荷性能について

【現有性能】

- RC床版の耐荷力は、上面コンクリートの脆弱化による減厚によって、すでに大きく低下しているが、供用中の載荷荷重、すなわち通常の使用時の性能は確保されていると考えられる。

【将来性能】

- 輪荷重の載荷に対するRC床版の変形が大きくなると、ひび割れ開口が大きくなり、繰返し回数による損傷の進行が加速するとともに、耐荷力の低下によって過積載車の走行による押抜きせん断破壊に対する安全性が低下する。このことから、部材の破壊による走行安全性や、損傷に伴うコンクリートの剥離、剥落、脱落等による第三者影響の懸念が高まる。
- 最小床版厚125mmに対しては、現状の耐荷力を維持できるのは、すでに載荷された分の履歴を無視しても、床版上面から水の供給が続く場合で2年半前後、乾燥状態を保持できた場合で25年前後の見込みとなる（付図11.2）。

② 耐久性能について

- 舗装切削時には、床版上面の脆弱部に滞水が見られた。
- RC床版は水の供給を受けている状況にあり、早くに耐荷性能の低下が進むことが懸念されることから、耐荷性能の低下を抑えるために、床版上面からの水の供給を遮断（防水）する対策が必要と考えられる。

【輪荷重】

T荷重に相当する100 kN/輪（載荷面積200×500mm）

【交通量調査に基づく繰返し回数の年数への換算】

交通量：7400/2 = 3700 台/日（片車線あたり）

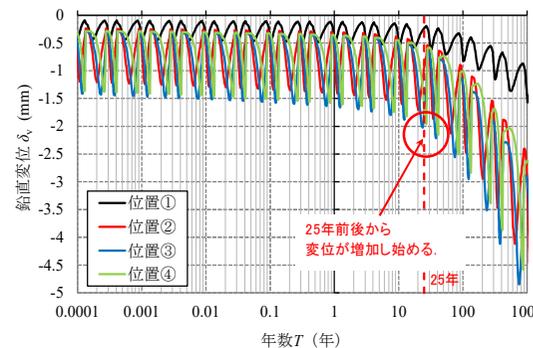
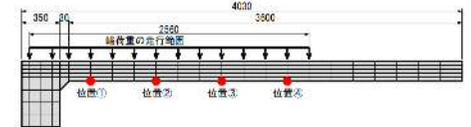
大型車混入率：573/3685 = 0.155

年間あたりの大型車の通過台数 3700×0.155×365 = 209,500台/年

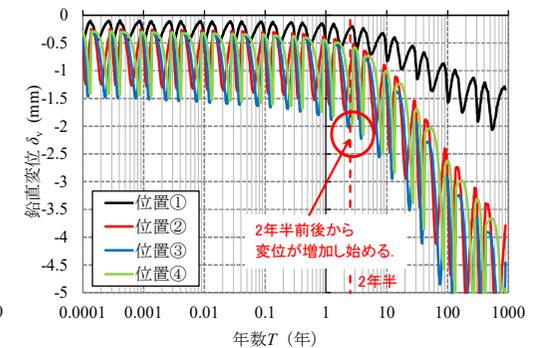
【RC床版上面の滞水の影響】

水の供給の影響を考慮して、年数を1/10に換算する。

（北海道土木技術会「北海道における鋼道路橋の設計および施工指針【第2編】維持管理編」）



(a) 乾燥の条件



(b) 水の供給を考慮

付図11.2 RC床版の鉛直変位の経年変化（調査から得られた最小床版厚125mm）

付12. プレベーム桁の対策工法の比較 (1)

恵庭跨線橋 対策工法の選定比較表【跨線部 単純プレベーム橋】

昭和47年(1972年)竣工, 49年経過

対策案	対策の種類 工法	第1案 更新 撤去、架け換え	第2案 補強 床版打ち替え	第3案 補修 断面修復+はく落防止材	
対策イメージ					
対策工の概要	目的	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート特性値の減少による低下した構造性能を回復 ・主桁の力学的な性能が補修や補強では回復不能なレベルの場合、または、力学的な性能を建設時以上に向上させることを目的とする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート特性値の減少による低下した構造性能を回復 ・主桁の力学的な性能を部材交換などで建設時レベルに回復させることを目的とする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・疲労耐久性の低下の抑制のみを目的とする。 	
	方法	<ul style="list-style-type: none"> ・主桁をワイヤソーイングなどで縦横方向に分割して撤去、新設する主桁をクレーンで架設 ・既設下部工を再利用する計画とし、支間長は現況と同スパンとする。主桁形式は第三者影響度、施工性、維持管理性および経済性に配慮し、プレテンホロー桁とする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・撤去した床版部分の床版コンクリートを人力による電動ピックではつき取り、調整の理設型枠を設置し普通コンクリートを打設する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・外観上の脆弱部を人力による電動ピックではつき取り、ポリマーセメントモルタルを打設する。 ・補修厚さは床版厚の1/2程度とし85mm程度とする。床版下面には可視観察系の剥落対策を貼り付ける。 	
性能	安全性	床版の疲労耐久性に関する安全性	<ul style="list-style-type: none"> ・建設時のレベルまで回復、または建設時以上に向上させることが可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・建設時のレベルまで回復させることが可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・水の浸入による構造性能の低下の抑制を目的としており、また、脆弱部を除去して補修しても床版を完全に一体化することはできず、建設時のレベルまで回復することはできない。
		第三者影響度	<ul style="list-style-type: none"> ・プレテンホロー桁に架け替えることで、ほぼ影響はなくなる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・理設型枠と主桁間コンクリートに隙間があることから、コンクリート片の剥落のリスクは残存する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・健全部コンクリートの残存率が少なくなるにつれ、抜け落ちのリスクが現状より高まる。
	施工性	施工性	<ul style="list-style-type: none"> ・き電停止時間内での施工であるが、半年での撤去・架け替えが可能である。 ・プレテン桁は工場製品の桁を設置するだけで施工は容易である。そのため桁下での作業が発生せず、車との施工協議もスムーズに行える。 	<ul style="list-style-type: none"> ・夜間のみ電停止時間内での施工であるため、施工時間の制約により1年半~2年程度の施工期間となる。 ・桁下高が低くなおかつ川の建築限界との幅余裕がないことから、床版打設時の型枠支保工を設置することができない。そのため、型枠は鋼製の理設型枠となり、床版撤去が残余された状態で桁下から設置し、路面から溶接による固定を行う必要があり、施工性は非常に劣る。 	<ul style="list-style-type: none"> ・夜間のみ電停止時間内での施工であるため、施工時間の制約がある。
		維持管理性	<ul style="list-style-type: none"> ・プレテンホロー桁に架け替えることで橋梁定期点検のみとなり、点検に要する時間も短時間となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・橋梁定期点検では主桁間および下フランジのコンクリートの劣化を入念に近接で目視点検する必要がある。 ・理設型枠の防食工事、主桁間および下フランジコンクリートの劣化による補修工事が必要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・橋梁定期点検では床版下面の剥落防止材の健全性確認を入念に近接で目視点検する必要がある。
施工期間		単年	複数年(1.5年~2年)	単年	

次ページに続く

付12. プレベーム桁の対策工法の比較 (2)

恵庭跨線橋 対策工法の選定比較表【跨線部 単純プレベーム橋】

昭和47年(1972年)竣工、49年経過

対策案	対策の種類		第1案 更新				第2案 補強				第3案 補修										
	工法		撤去、架け換え				床版打ち替え				断面修復+はく落防止材										
	対策工の耐用期間		100年				40年と想定				5年と想定										
性	経済性	項目	工種		数量	単価	金額	備考	工種		数量	単価	金額	備考	工種		数量	単価	金額	備考	
			能	風 工 事 費 (円)	①イニシャルコスト	【5径間】	高欄撤去	40.4	m	1,151	47,000	【5径間】	路面切削	181.8	m2	473	86,000	【5径間】	路面切削	363.6	m2
舗装破砕・積み込み	9.1	m3				3,677	33,000	構造物とりこわし	29.8	m3	616,240	18,364,000	夜間・1hr作業：77030円/m3×8倍	構造物とりこわし	30.9	m3	46,070	1,424,000			
			桁切断工	20.6	m2	960,000	19,776,000	夜間・1hr作業：120000円/m2×8倍	コンクリート工	29.8	m3	20,920	623,000	普通コンクリート	コンクリート工	30.9	m3	21,860	675,000	早強コンクリート	
			桁撤去	232.3	t	3,539	822,000	(400tクレーン)アビーム架設費	型枠工(設置)	161.6	m2	57,952	9,365,000	夜間・1hr作業：7244円/m2×8倍	防水工	363.6	m2	2,277	828,000	シート系防水	
			コンクリート工	57.7	m2	19,960	1,151,000	P3-P5の梁のかさ上げ	型枠工(埋設・鋼製)	2.1	t	2,000,000	4,100,000		舗装工	363.6	m2	1,938	705,000		
			型枠工	73.3	m2	7,205	528,000	P3-P5の梁のかさ上げ	防水工	181.8	m2	2,277	414,000	シート系防水	足場工	151.9	m2	8,974	1,363,000		
			鉄筋工	5.8	m2	148,600	854,000	P3-P5の梁のかさ上げ	舗装工	181.8	m2	1,938	352,000		小計				2,277	828,000	
			足場工	227.9	m2	8,974	2,045,000		足場工	151.9	m2	8,974	1,363,000		小計				1,938	705,000	
			小計				25,256,000		小計				34,667,000						3,804,000		
			【4径間】	高欄撤去	40.4	m	1,151	47,000	【4径間】	路面切削	181.8	m2	473	86,000	【4径間】	路面切削	363.6	m2	473	172,000	
			舗装破砕・積み込み	9.1	m3	3,677	33,000		構造物とりこわし	29.8	m3	46,070	1,373,000		コンクリート工	30.9	m3	21,860	675,000	普通コンクリート	
			桁切断工	20.6	m2	120,000	2,472,000	ワイヤソー	コンクリート工	29.8	m3	20,920	623,000		防水工	363.6	m2	1,940	705,000	塗膜系防水	
			桁撤去	232.3	t	3,539	822,000	(400tクレーン)アビーム架設費	型枠工(設置)	161.6	m2	2,244	1,171,000		路面切削	363.6	m2	473	172,000		
			コンクリート工	57.7	m2	19,960	1,151,000	P3-P5の梁のかさ上げ	型枠工(埋設)	2.1	t	2,000,000	4,100,000		舗装工	363.6	m2	1,938	705,000		
			型枠工	73.3	m2	7,205	528,000	P3-P5の梁のかさ上げ	防水工	181.8	m2	2,277	414,000	シート系防水	小計				1,582,000	1,582,000	
			鉄筋工	5.8	m2	148,600	854,000	P3-P5の梁のかさ上げ	防水工	181.8	m2	1,938	352,000		小計				1,582,000	1,582,000	
			足場工	227.9	m2	8,974	2,045,000		足場工	151.9	m2	8,974	1,363,000		小計				1,582,000	1,582,000	
			小計				7,952,000		小計				9,482,000						1,582,000	1,582,000	
			上部工架設	585.8	m2	160,000	93,728,000	プレテンロー	合計				44,149,000		合計					12,919,000	
			合計				128,936,000		40年毎	0	回	44,149,000	0	床版打ち替え	5年毎	4	回	3,804,000	12,919,000	25年で更新するまでの舗装・防水	
			②ライフサイクルコスト 対策後から25年 (補修案：更新が必要な時期)	防水工	363.6	m2	1,940	705,000	塗膜系防水	防水工	363.6	m2	1,940	705,000	塗膜系防水	架け替え費用				128,936,000	
			路面切削	363.6	m2	473	172,000		路面切削	363.6	m2	473	172,000		防水工	363.6	m2	1,940	705,000	塗膜系防水	
			舗装工	363.6	m2	1,938	705,000		舗装工	363.6	m2	1,938	705,000		路面切削	363.6	m2	473	172,000		
			小計				1,582,000		小計			1,582,000		舗装工	363.6	m2	1,938	705,000			
			15年毎	1	回	1,582,000	1,582,000		15年毎	1	回	1,582,000	1,582,000		小計				1,582,000	26年目からの舗装・防水	
			合計(①+②)				128,936,000	r=1.00	合計			44,149,000	44,149,000	床版打ち替え	5年毎	4	回	3,804,000	12,919,000	25年で更新するまでの舗装・防水	
			③ライフサイクルコスト 対策後から50年 (補強案：更新が必要な時期)	防水工	363.6	m2	1,940	705,000	塗膜系防水	防水工	363.6	m2	1,940	705,000	塗膜系防水	架け替え費用				128,936,000	
			路面切削	363.6	m2	473	172,000		路面切削	363.6	m2	473	172,000		防水工	363.6	m2	1,940	705,000	塗膜系防水	
			舗装工	363.6	m2	1,938	705,000		舗装工	363.6	m2	1,938	705,000		路面切削	363.6	m2	473	172,000		
			小計				1,582,000		小計			1,582,000		舗装工	363.6	m2	1,938	705,000			
			15年毎	3	回	1,582,000	4,746,000		15年毎	3	回	1,582,000	4,746,000		小計				1,582,000	26年目からの舗装・防水	
			合計(①+③)				131,682,000	r=1.00	合計			89,044,000	89,044,000	床版打ち替え	5年毎	4	回	3,804,000	15,216,000	25年で更新するまでの舗装・防水	
			④ライフサイクルコスト 対策後から100年	防水工	363.6	m2	1,940	705,000	塗膜系防水	防水工	363.6	m2	1,940	705,000	塗膜系防水	架け替え費用				131,682,000	
			路面切削	363.6	m2	473	172,000		路面切削	363.6	m2	473	172,000		防水工	363.6	m2	1,940	705,000	塗膜系防水	
			舗装工	363.6	m2	1,938	705,000		舗装工	363.6	m2	1,938	705,000		路面切削	363.6	m2	473	172,000		
			小計				1,582,000		小計			1,582,000		舗装工	363.6	m2	1,938	705,000			
			15年毎	7	回	1,582,000	11,074,000		15年毎	7	回	1,582,000	11,074,000		小計				1,582,000	26年目からの舗装・防水	
			合計(①+④)				138,010,000	r=1.00	合計			149,521,000	149,521,000	床版打ち替え	5年毎	4	回	3,804,000	16,216,000	25年で更新するまでの舗装・防水	
			総合評価	・要求性能である疲労耐久性および第三者影響度において、補強案、補修案に比べて優れている。				・要求性能である疲労耐久性は建設時のレベルまで回復することはできないが、第三者影響度ははく落のリスクは残存する。				・要求性能である疲労耐久性は建設時のレベルまで回復することができない。また、第三者影響度もはく落のリスクが残存する。									
				・施工性、維持管理性においても、補強案、補修案に比べて優れている。				・施工性は施工期間や施工内容から非常に劣り、維持管理性は更新案や補修案に比べて劣る。				・施工性、維持管理性については、他家に比べて劣る。									
				・経済性(対策後100年)においては、補強案と同程度である。				・経済性(対策後100年)においては、更新案と同程度である。				・経済性(対策後100年)においては、25年後に更新が必要となるため最も割高となる。									
				・補修案は25年後に更新が必要となることから、経済性において劣る。また、安全性を建設時まで回復することができず、また将来的な第三者影響度のリスクの残存が懸念される。				・補強案は経済性では更新案より割高であり、き電停止時間内での施工となるため施工期間が最長で2年程度かかると考えられ、利用者の利便性が長期間にわたって低下すると考えられる。また、床版を打ち換えたとしても、コンクリート片の剥落のリスクは残存する。													
				本橋はこ線橋であり、安全性および第三者影響度の回復が要求性能となる。経済性でも最も安価であり、安全性が確保でき第三者影響度によるリスクをほぼ除去することができる更新案が最適案である。また、施工性においても跨線部特有の施工時間の制約にも容易に対応可能であるとともに、将来の維持管理性においてもリスクの残存はない。																	

付13. 恵庭跨線橋の通行止めによる損失

(1) 損失の算定の条件

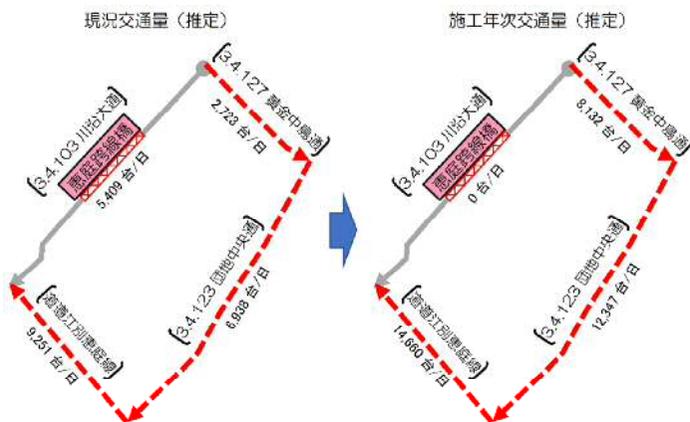
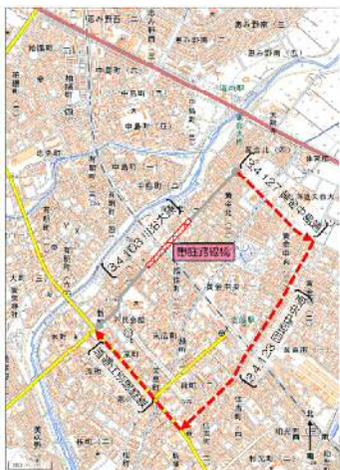
- 恵庭跨線橋の工事に伴う通行止めによって、迂回することで生じる損失（走行時間損失、走行経費損失、事故損失）を算定する。
- 交通量については、「恵庭市主要路線交通量（平成18年6月29日：恵庭市生活環境部市民交通課）」等を用いる。

(2) 施工年次交通量の推定

- 川治大通の通行止めに対して、近隣の跨線橋（団地中央通）を利用して迂回すると仮定。
- 通行止めとなる路線の交通量を迂回の路線に付加。

(3) 損失の算出結果

- 通行止めの後の費用と通交止め前の費用の差分から、**1年あたり約11億7千万円の損失**が発生することが予想される。
- 「3.4.123団地中央通」「道道江別恵庭線」の慢性的な渋滞も懸念される。
- 付12の対策工法の比較中の第1案（撤去、架け換え）と第2案（床版打ち替え）を比較すると、**第2案の通行止め期間が1.5倍長い**ため、**経済損失も1.5倍（約6億円）大きい。**



付図13.1 施工年次交通量の推定

付表13.2 損失の算出結果

対象路線	通行止め前			恵庭跨線橋 通行止め後		
	時間費用 (千円/年)	走行経費 (千円/年)	交通事故の 社会的損失 (千円/年)	時間費用 (千円/年)	走行経費 (千円/年)	交通事故の 社会的損失 (千円/年)
3.4.103川治大通	221,548	69,445	19,337	0	0	0
3.4.127黄金中島通	55,093	16,391	6,402	189,673	49,907	19,118
3.4.123団地中央通	352,839	96,352	34,746	1,056,169	192,957	61,834
道道江別恵庭線	267,558	72,449	30,501	663,485	127,089	48,334
計(千円/年)	897,038	254,637	90,986	1,909,326	369,953	129,286
合計(千円/年)			1,242,661			2,408,565
差分(千円/年)			-			1,165,904
施工時の通行止めに伴う損失	第1案 更新（撤去、架け換え）：通行止め期間1年を想定			1,165,904 千円		
	第2案 補強（床版打ち替え）：通行止め期間1.5年を想定			1,748,856 千円 (1.50)		