

2026.01.09

SIP スマートインフラの構築 サブ課題C
市町村の道路インフラの維持管理に対する
効率化・高度化・戦略化に関するセミナー

短支間橋梁の終局耐力に関する体験講習会
～短支間コンクリート橋の維持管理の効率化・高度化～

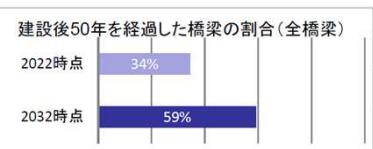
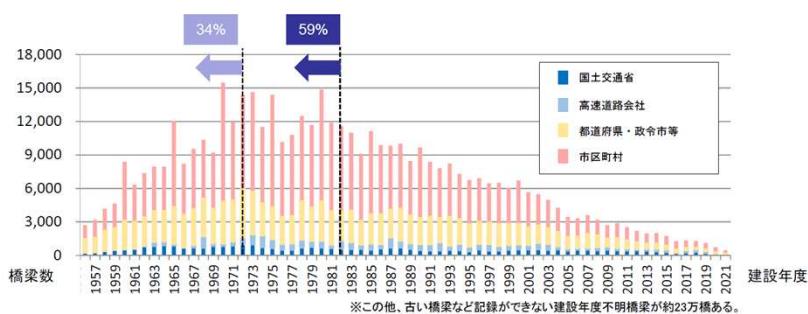
金沢大学 理工研究域 地球社会基盤学系
栗橋 祐介, 柳田龍平

説明内容

- ・地方の橋梁維持管理の問題点
- ・構造安全性の体感学習
短支間橋梁を模擬した
RC ボックスカルバートとRC 床版橋の破壊実験
- ・短支間橋梁の簡易耐荷力算定法の提案
- ・今後の検討課題

地方の橋梁維持管理の問題点

我が国の橋梁維持管理の現状



- 多くの橋梁が 1970 年代に建設
- 今後建設後 50 年を経過する橋梁が急増
- 戦略的な維持管理計画が必須

我が国の橋梁維持管理の現状

○社会資本整備審議会 技術部会
社会資本メンテナンス戦略小委員会 設置[2012.7.31]

○ 笹子トンネル天井板崩落事故 [2012.12.2]

○ 2013年を「社会資本メンテナンス元年」に位置付け
○ 道路法の改正 [2013.6]
点検基準の法定化、国による修繕等代行制度創設

○ 定期点検に関する省令・告示 公布 [2014.3.31]
5年に1回、近接目視による点検

○道路の老朽化対策の本格実施に関する提言[2014.4.14]

● 定期点検 1巡目 (2014～2018)

○ 定期点検要領 通知 [2019.2.28]
定期点検の質を確保しつつ、実施内容を合理化

● 定期点検 2巡目 (2019～)

○道路施設点検データベースの公開 (2022～)

■2013年

笹子トンネル事故を契機に
道路構造物の**5年に1回**の
近接目視点検が法定化

■2014～2018年

定期点検1巡目
橋梁長寿命化修繕計画策定

■2019～2023年

定期点検2巡目
橋梁長寿命化修繕計画策定

5

道路橋維持管理の変遷と現状

道路橋定期点検要領

平成31年2月
国土交通省 道路局

1. 適用範囲

本要領は、道路法（昭和27年法律第180号）第2条第1項に規定する道路における橋長2.0m以上の橋、高架の道路等(以下「道路橋」という)の定期点検に適用する。

2. 定期点検の頻度

定期点検は、5年に1回の頻度で実施することを基本とする。

3. 定期点検の体制

道路橋の定期点検を適正に行うために必要な知識及び技能を有する者がこれを行う。

4. 状態の把握

健全性の診断の根拠となる状態の把握は、近接目視により行うことを基本とする。

■道路橋定期点検要領：橋長2.0m以上の橋を対象

6

道路橋維持管理の変遷と現状

道路橋定期点検要領

平成31年2月
国土交通省 道路局

5. 健全性の診断 道路橋毎の健全性の診断

道路橋毎の健全性の診断は表-5.1の区分により行う。

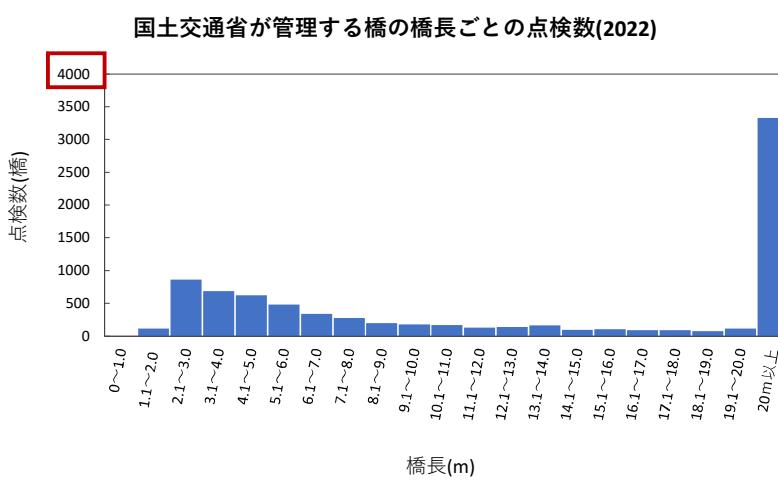
表-5.1 判定区分

区分	状態
I 健全	道路橋の機能に支障が生じていない状態。
II 予防保全段階	道路橋の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態。
III 早期措置段階	道路橋の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講すべき状態。
IV 緊急措置段階	道路橋の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態。

■道路橋定期点検要領：健全性は4段階に区分

7

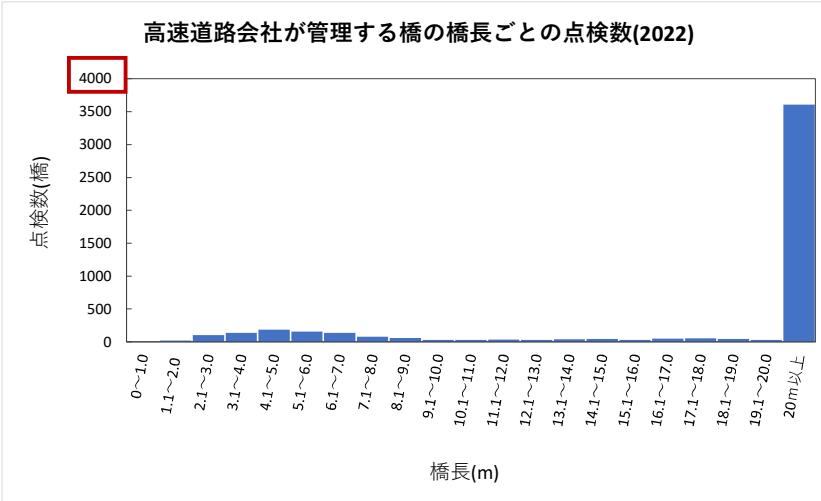
各管理者の橋長ごとの点検数



■国土交通省が管理する橋梁は20m以上が多い

8

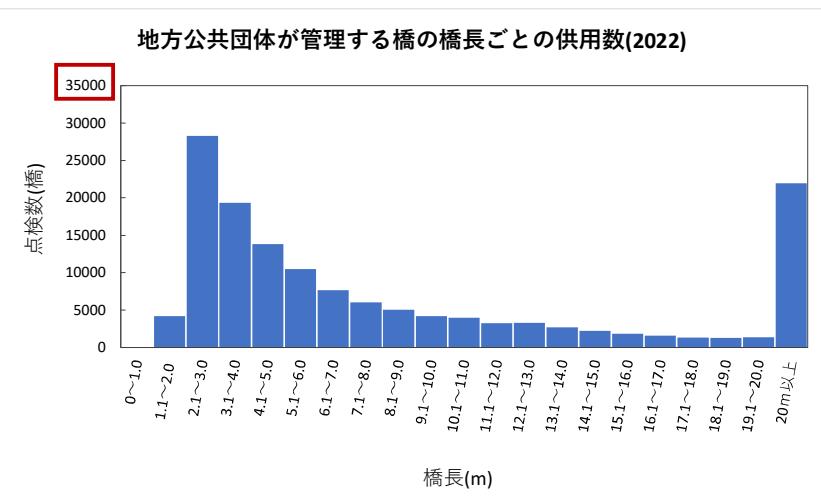
各管理者の橋長ごとの点検数



■高速道路会社が管理する橋梁も同様の傾向

9

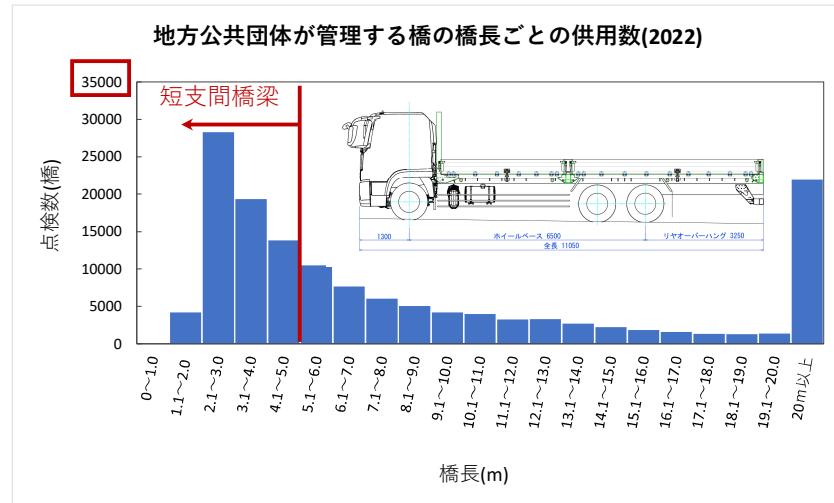
各管理者の橋長ごとの点検数



■地方公共団体が管理する橋梁は、2~3 m が最多

10

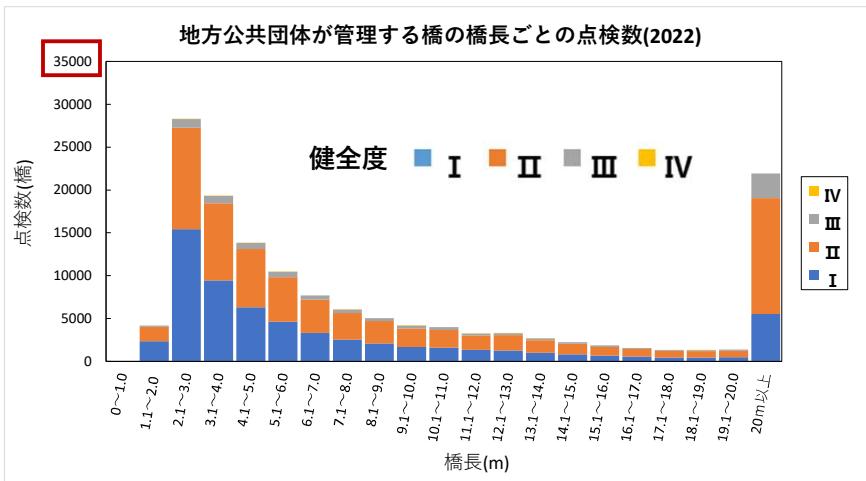
各管理者の橋長ごとの点検数



■地方公共団体が管理する橋梁は、2~3 m が最多

11

各管理者の橋長ごとの点検数

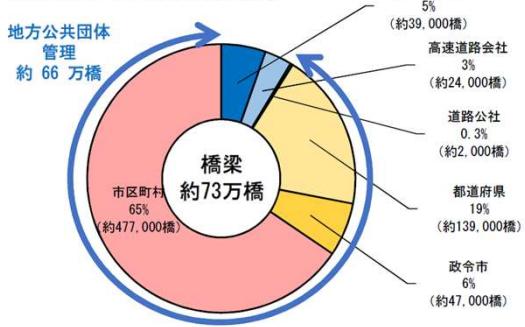


■地方公共団体が管理する橋梁の健全度は、概ね I (健全) もしくは II (予防保全段階)

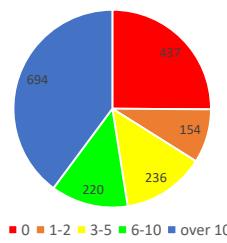
12

地方公共団体が管理する橋梁の特徴

【道路管理者別橋梁数】



【地方自治体の技術者数】



- ・全橋梁 73 万橋の **90 %** が地方公共団体管理. **65%** が市町村
- ・多くが橋長 2~5 m の**短支間橋梁**
- ・2 巡の定期点検後も**健全度 I, II** がほとんど
- ・限られた人員 (技術者ゼロの自治体 **25%**) と
限られた予算で**3 巡目**の点検が実施されている

13

国土交通省の点検簡略化支援

特定の条件を満足する溝橋の定期点検に関する参考資料

平成31年2月
国土交通省 道路局 国道・技術課



特定の条件を満足する溝橋の例

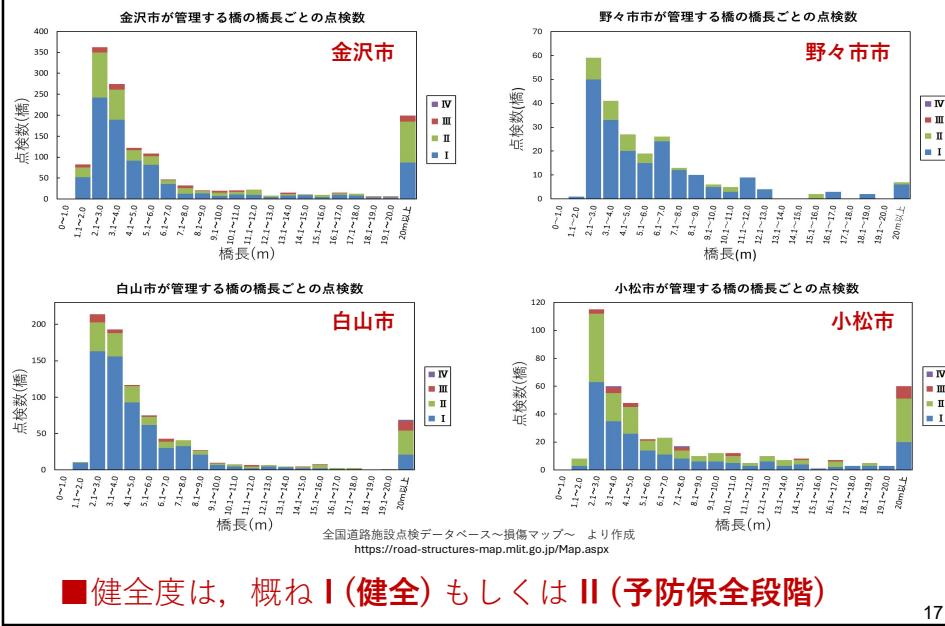
- 2 巡目開始時には、国土交通省より
特定の条件を満足する溝橋の定期点検に関する参考資料が刊行
- ↓
点検簡略化を推奨. ただし最終判断には専門知識が必要.
特に非技術職にとっては判断が難しい.

14

北陸地方の橋梁維持管理の現状

石川県 4 市の基本情報			
金沢市 人口: 45.43万人 面積: 468km ² 管理橋梁数: 1416橋 橋梁位置の高低差: 303.3m 土木費: 198億9000万		野々市市 人口: 5.85万人 面積: 13.56km ² 管理橋梁数: 237橋 橋梁位置の高低差: 38.8m 土木費: 24億7000万	
白山市 人口: 10.9万人 面積: 755km ² 管理橋梁数: 847橋 橋梁位置の高低差: 795.5m 土木費: 60億2000万		小松市 人口: 10.3万人 面積: 371km ² 管理橋梁数: 437橋 橋梁位置の高低差: 592m 土木費: 63億600万	
■各市で橋梁数のみならず、維持管理の環境が大きく異なる			

石川県 4 市の橋長毎点検数



北陸 SIP の活動で解決すべき課題

- 限られた人材（非技術職含む）で大量の短支間橋梁をどのように維持管理できるか？
- 5年に1度の定期点検を安全性を保ちながら、どのように簡略化するか？ 簡略化していいのか？
- 既存の短支間橋梁の安全性はどの程度か？ 劣化の影響は？
- 短支間橋梁の破壊形態は？ 終局耐力はどの程度か？
- 図面のない短支間橋梁の安全性をどのように評価するか？
→短支間橋梁を模擬した載荷実験を実施
→簡易耐力算定法の検討

北陸 SIP の活動で解決すべき課題

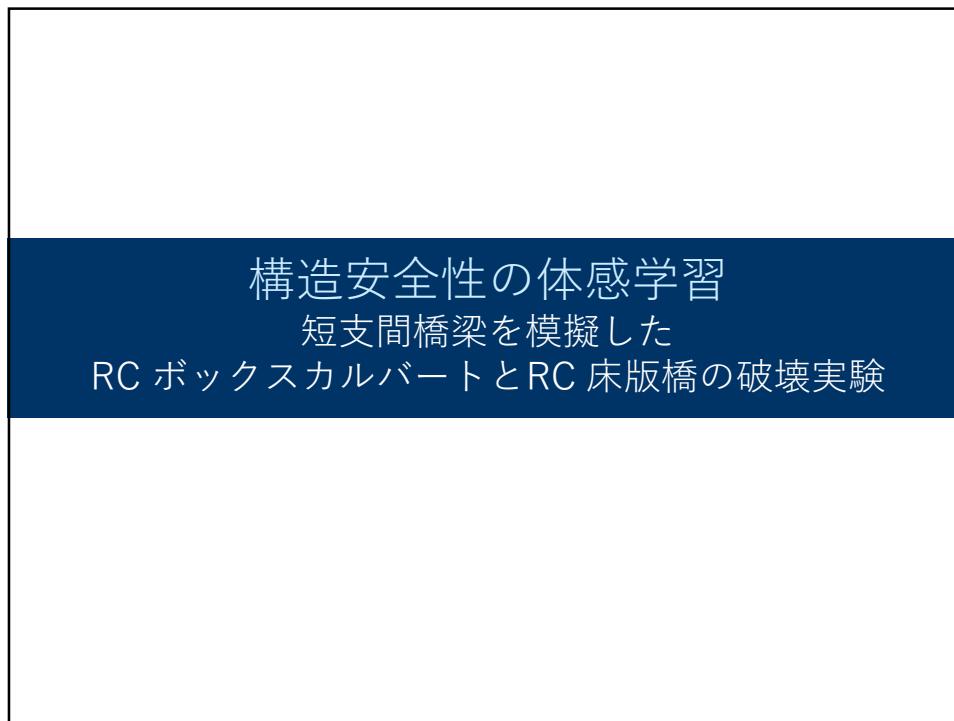
劣化橋梁の補修工事の一例



北陸 SIP の活動で解決すべき課題

劣化橋梁の補修工事の一例





目的と実施内容

目的

- ・短支間橋梁 (RC 床版, RC ボックスカルバート) の
耐荷性能や破壊性状の確認
- ・短支間橋梁の耐荷性能に関する認識の共有



2024 年度 : RC ボックスカルバート 2025 年度 : RC 床版橋

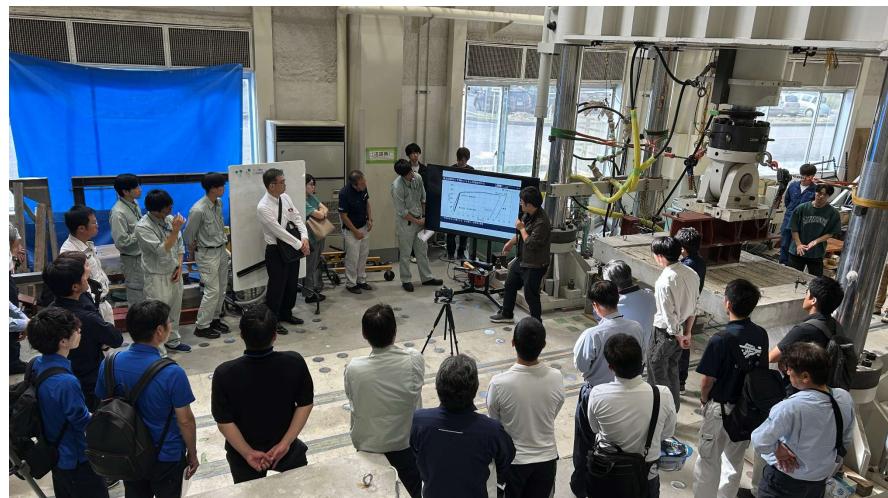
目的と実施内容



2024 年度 : RC ボックスカルバート

23

目的と実施内容



2025 年度 : RC 床版橋

24

目的と実施内容

実施内容

- ・短支間橋梁を模擬したスパン 2 m, **T-25 活荷重**対応の標準的な **RC ボックスカルバート**, **RC 床版橋**を対象に, 鉛直荷重を作用させる**破壊実験**を実施
- ・健全試験体と**劣化模擬試験体**を対象

実施年度	構造形式	健全 or 劣化
2024	RC ボックスカルバート	健全
		劣化（下縁かぶり除去）
2025	RC 床版橋	健全
		劣化（下縁かぶり除去）
		劣化（上縁かぶり除去）

25

目的と実施内容

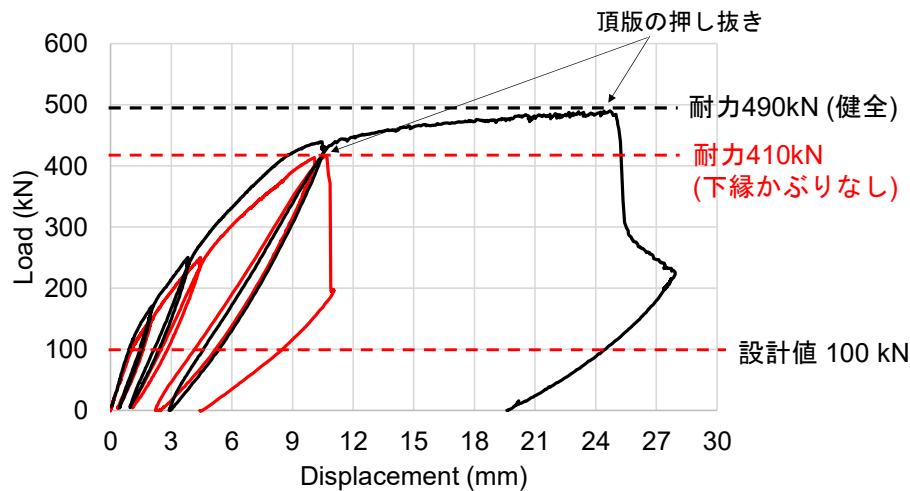
実施内容

- ・短支間橋梁を模擬したスパン 2 m, **T-25 活荷重**対応の標準的な **RC ボックスカルバート**, **RC 床版橋**を対象に, 鉛直荷重を作用させる**破壊実験**を実施
- ・健全試験体と**劣化模擬試験体**を対象

2024 年度 : **RC ボックスカルバート**2025 年度 : **RC 床版橋**

26

実験結果 (RC ボックスカルバート)



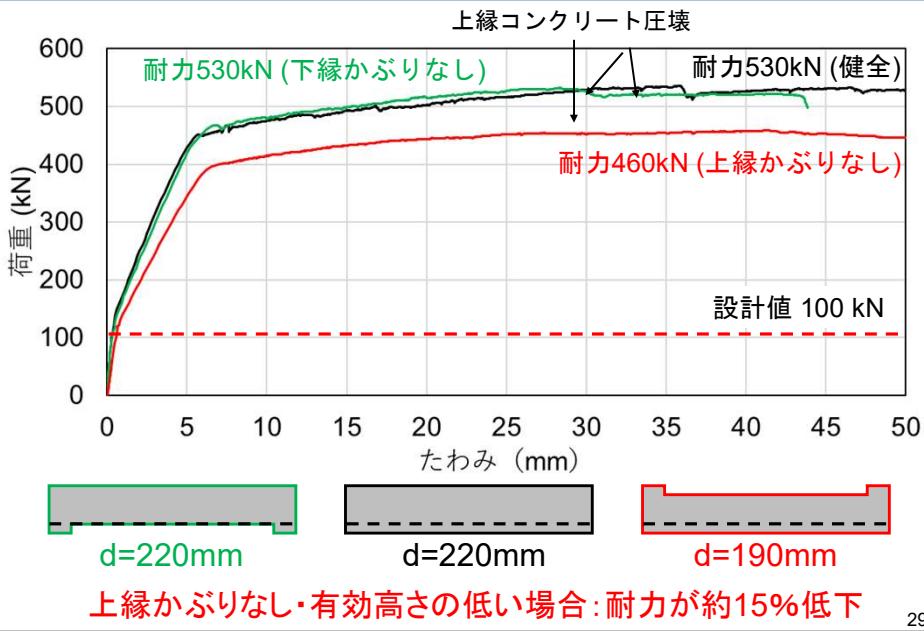
27

実験結果 (RC ボックスカルバート)

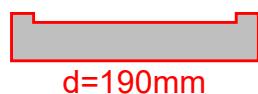


28

実験結果 (RC 床版橋)



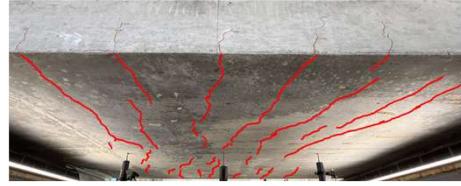
実験結果 (RC 床版橋)



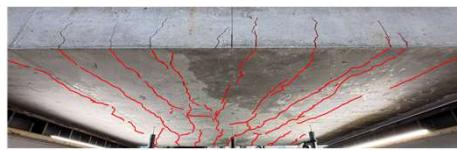
上縁かぶりなし・有効高さの低い場合: 耐力が約15%低下

30

実験結果（曲げ降伏時の床版下面ひび割れ）




d=220mm




d=190mm




d=220mm

31

破壊実験結果のまとめ

RC 床版橋, RC ボックスカルバートの耐荷力は,
劣化の有無によらず設計耐荷力の **4 倍程度**

引張側のかぶりコンクリートが除去されても
耐荷力はほとんど**低下しない**.

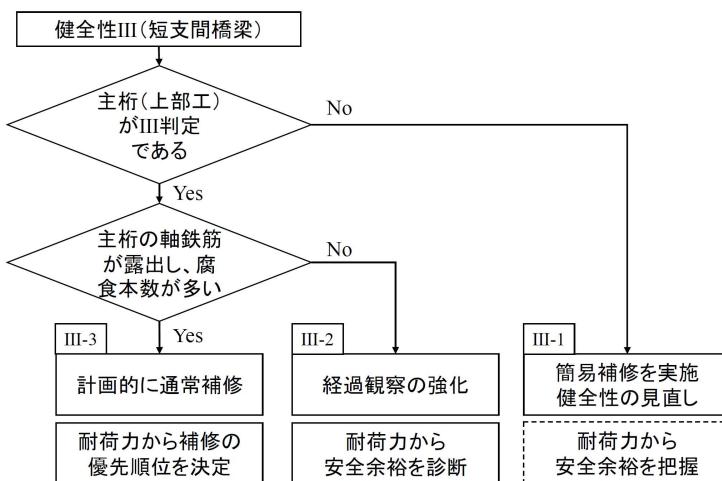
圧縮側のかぶりコンクリートが除去されると
耐荷力や剛性が**低下する**.

- 短支間橋梁の安全性は十分に高い
- 引張側かぶりコンクリートは,
耐荷力にほとんど影響しない

32

短支間橋梁の簡易耐荷力評価法の提案

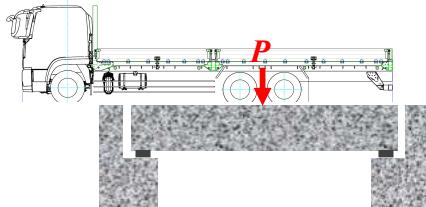
簡易耐荷力評価法の適用法（案）



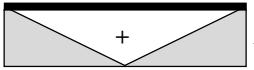
■短支間橋梁の**耐荷力**がわかると、
健全性 III の対処方法選定の参考になる。

簡易耐荷力評価法の提案

床版橋の場合



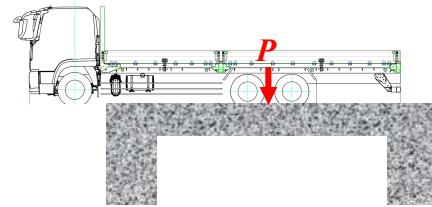
抽象化
 Δ L

限界状態 

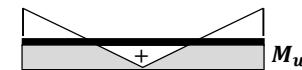
$$M_a = M_u = \frac{P_u L}{4}$$

限界耐荷力 $P_u = \frac{4M_u}{L}$

ボックスカルバートの場合



抽象化
 L

限界状態 

$$M_a = M_u = \frac{P_u L}{8}$$

限界耐荷力 $P_u = \frac{8M_u}{L}$ 同じ断面なら
床版橋の2倍

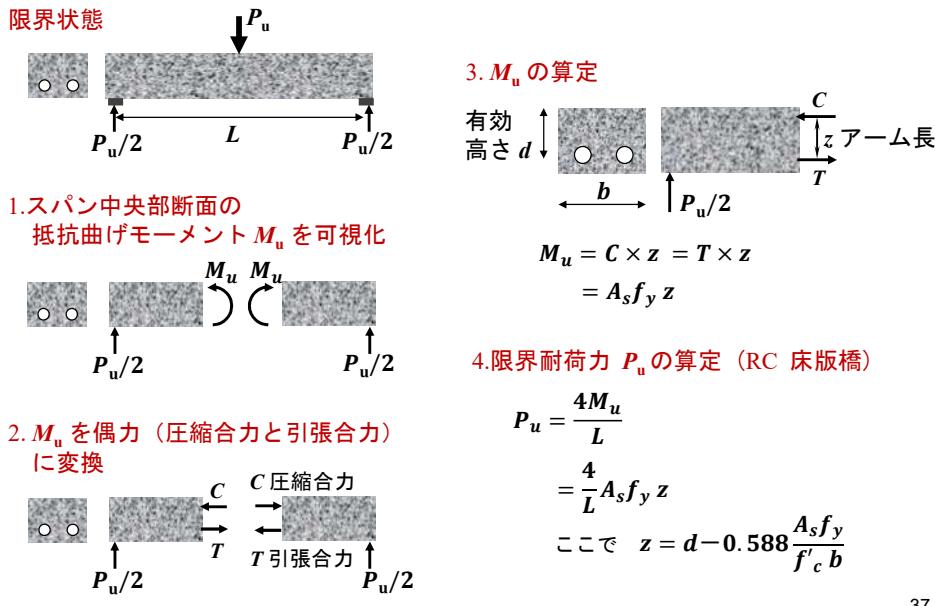
35

簡易耐荷力評価法の提案

- 1.スパン中央部断面の抵抗曲げモーメント M_u を可視化
2. M_u を偶力（圧縮合力と引張合力）に変換
3. M_u の算定
4. 限界耐荷力 P_u の算定（RC 床版橋）
5. 限界耐荷力 P_u の算定上の問題点と仮定
6. 限界耐荷力 P_u の定式化
7. 標準図集に基づき P_u 算定のための主要パラメータを設定
8. 標準図集に基づき引張鉄筋比 $p_w (=A_s/bd)$ を算出
9. 標準図集に基づき有効高さ d とスパン L との関係を算出
10. 標準図集に基づきアーム長比 (z/d) を算出
11. 各短支間橋梁の簡易耐荷力評価式の定式化
12. 簡易耐荷力評価式の妥当性検証
13. 既設橋梁の簡易耐荷力評価式の留意点

36

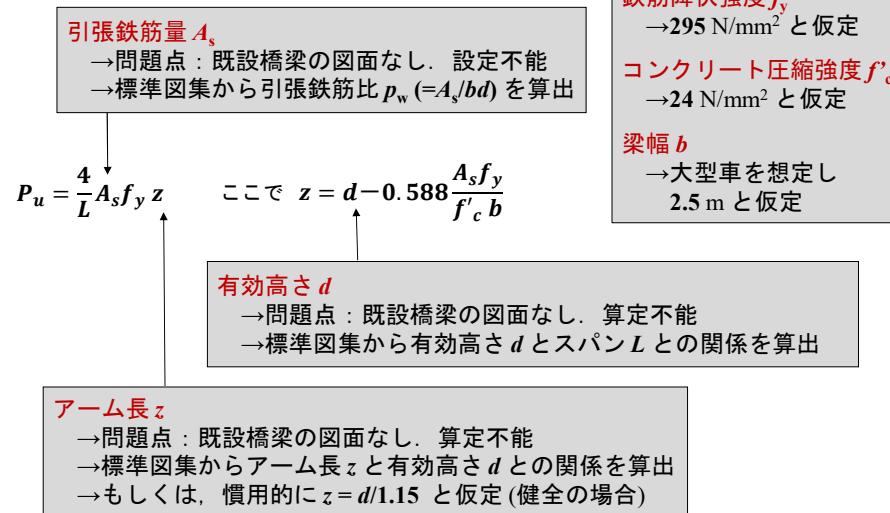
簡易耐荷力評価法の提案



37

簡易耐荷力評価法の提案

5. 限界耐荷力 P_u の算定上の問題点と仮定



38

簡易耐荷力評価法の提案

6. 限界耐荷力 P_u の定式化

- RC 床版橋の場合

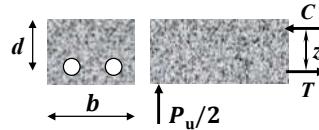
$$\begin{aligned} P_u &= \frac{4}{L} A_s f_y z = \frac{4}{L} \frac{A_s}{bd} bd f_y \frac{d}{1.15} \\ &= \frac{4}{1.15 L} p_w 2,500 \frac{295}{1,000} d^2 = 2,565 \frac{p_w d^2}{L} (\text{kN}) \end{aligned}$$

- RC ボックスカルバートの場合 (同じ断面なら床版橋の2倍)

$$P_u = 5,130 \frac{p_w d^2}{L} (\text{kN})$$

7. 標準図集に基づき下記のパラメータを算出

- 引張鉄筋比 $p_w (=A_s/bd)$
- 有効高さ d とスパン L との関係

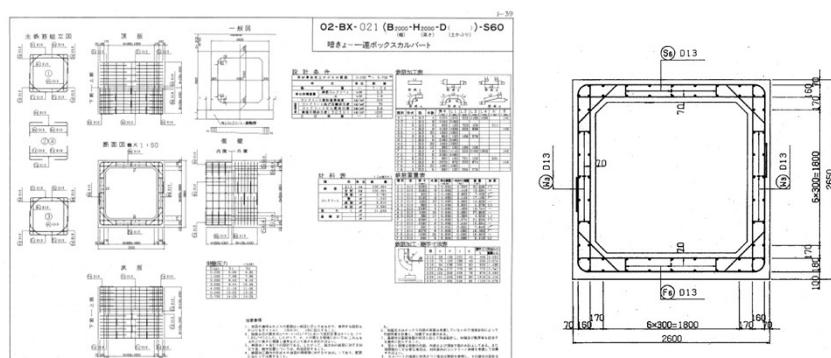


39

簡易耐荷力評価法の提案

参考にした標準図集

- RC 床版：RC 床版橋の設計，石川県土木部道路建設課，S55.4(1980.4)
- ボックスカルバート（現場打ち）：土木構造物標準設計，建設省制定，S60(1985)
- ボックスカルバート（プレキャスト）：PCa RC ボックスカルバート図集，ベルテクス（株），H25.8(2013)

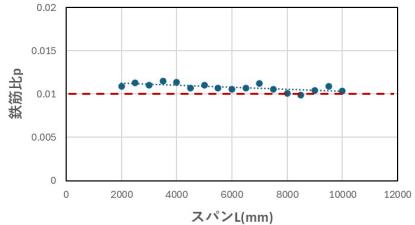


40

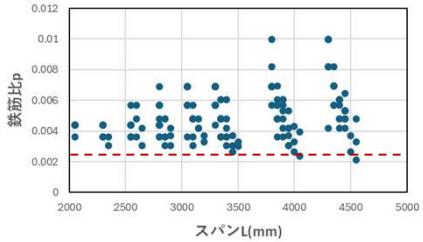
簡易耐荷力評価法の提案

8. 標準図集に基づき引張鉄筋比 $p_w (=A_s/bd)$ を算出

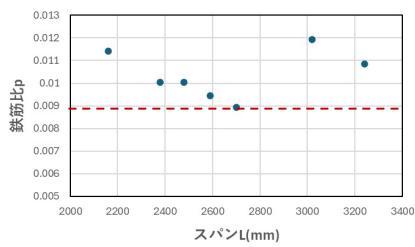
■ RC 床版



■ ボックスカルバート（現場打ち）



■ ボックスカルバート（プレキャスト）



■ RC 床版 : $p_w = 1\%$ 程度 → 1% と仮定

■ ボックスカルバート（現場打ち） :
 $p_w = 0.2 \sim 1\% \rightarrow 0.25\%$ と仮定

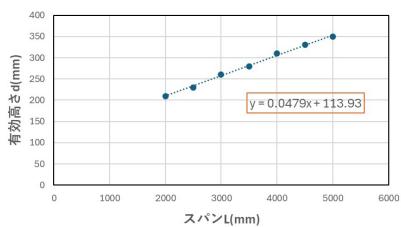
■ ボックスカルバート（プレキャスト） :
 $p_w = 0.9 \sim 1.2 \rightarrow 0.9\%$ と仮定

41

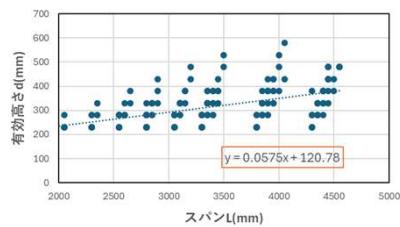
簡易耐荷力評価法の提案

9. 標準図集に基づき有効高さ d とスパン L との関係を算出

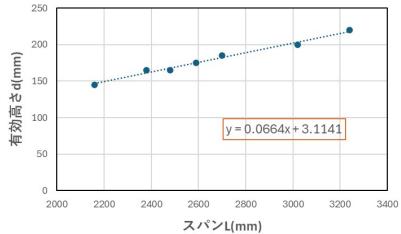
■ RC 床版



■ ボックスカルバート（現場打ち）



■ ボックスカルバート（プレキャスト）



■ RC 床版 : $d = 0.048L + 114$ と仮定

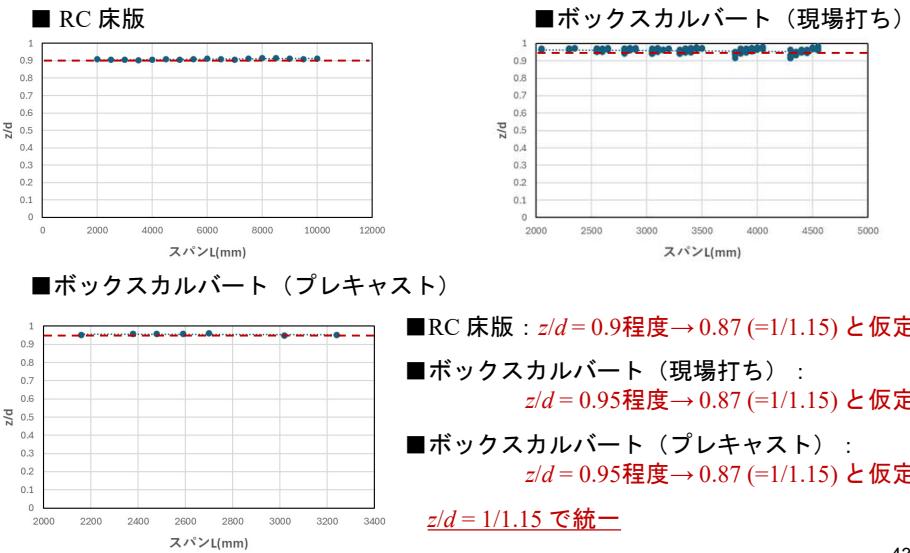
■ ボックスカルバート（現場打ち） :
 $d = 0.058L + 121$ と仮定

■ ボックスカルバート（プレキャスト） :
 $d = 0.066L + 3.11$ と仮定

42

簡易耐荷力評価法の提案

10. 標準図集に基づきアーム長比(z/d)を算出



43

簡易耐荷力評価法の提案

11. 各短支間橋梁の簡易耐荷力評価式の定式化

■ RC 床版橋の場合

$$P_u = 2,565 \frac{p_w d^2}{L} = 2,565 \frac{0.01 \times (0.048L + 114)^2}{L} \\ = \frac{25.65 \times (0.048L + 114)^2}{L} \quad (\text{kN})$$

□ RC ボックスカルバートの場合 (同じ断面なら床版橋の 2 倍)

$$P_u = 5,130 \frac{p_w d^2}{L}$$

$$\blacksquare \text{ 現場打ち } P_u = 5,130 \frac{p_w d^2}{L} = 5,130 \frac{0.0025 \times (0.058L + 121)^2}{L} \\ = \frac{12.825 \times (0.058L + 121)^2}{L} \quad (\text{kN})$$

$$\blacksquare \text{ プレキャスト } P_u = 5,130 \frac{p_w d^2}{L} = 5,130 \frac{0.009 \times (0.066L + 3.11)^2}{L} \\ = \frac{46.17 \times (0.066L + 3.11)^2}{L} \quad (\text{kN})$$

44

簡易耐荷力評価法の提案

11. 各短支間橋梁の簡易耐荷力評価式の定式化

■ RC 床版橋の場合

$$P_u = 2,565 \frac{p_w d^2}{L} = \frac{25.65 \times (0.048L + 114)^2}{L} \quad (\text{kN})$$

■ ボックスカルバート（現場打ち）

$$P_u = 5,130 \frac{p_w d^2}{L} = \frac{12.825 \times (0.058L + 121)^2}{L} \quad (\text{kN})$$

■ ボックスカルバート（プレキャスト）

$$P_u = 5,130 \frac{p_w d^2}{L} = \frac{46.17 \times (0.066L + 3.11)^2}{L} \quad (\text{kN})$$

定式化の前提

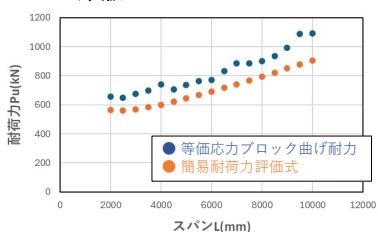
- ・ 単位 : P_u (kN), p_w (-), d (mm), L (mm)
- ・ コンクリート圧縮強度 : $f_c' = 24 \text{ N/mm}^2$
- ・ 鉄筋降伏強度 : $f_y = 295 \text{ N/mm}^2$
- ・ 断面幅 : $b = 2,500 \text{ mm}$
- ・ アーム長 : $z = d/1.15$

45

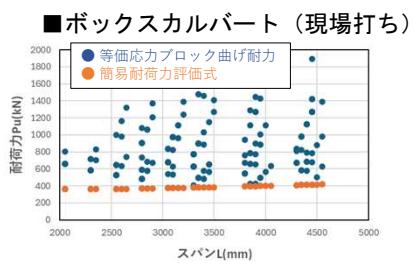
簡易耐荷力評価法の提案

12. 簡易耐力評価式の妥当性検証

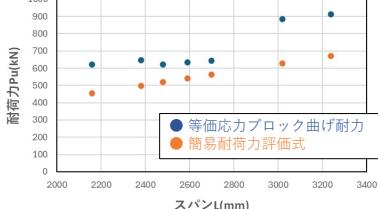
■ RC 床版



■ ボックスカルバート（現場打ち）



■ ボックスカルバート（プレキャスト）



■構造形式とスパンがわかれば、
簡易耐荷力評価式により、
健全時の耐荷力を安全側に
算定可能

46

簡易耐荷力評価法の提案

13. 既設橋梁の簡易耐力評価式の留意点

適用範囲 (2025. 1. 9 時点)

- ・スパン : 2~5 m
- ・構造形式 : RC 床版
 - RC ボックスカルバート (現場打ち, プレキャスト)
- ・建設年 : RC 床版橋 : S55.4 (1980.4) 年以降
 - 場所打ち RC ボックスカルバート : S60 (1985) 年以降
 - プレキャスト RC ボックスカルバート : H25.8 (2013) 年以降
- ・健全度 I, II
- ・顕著な鉄筋腐食がなければ、
下縁かぶりコンクリート剥落 (健全度 III) でも適用可能

定式化の前提 ① 単位 : P_u (kN), p_w (-), d (mm), L (mm)

- ② コンクリート圧縮強度 : $f'_c = 24 \text{ N/mm}^2$
- ③ 鉄筋降伏強度 : $f_y = 295 \text{ N/mm}^2$
- ④ 断面幅 : $b = 2,500 \text{ mm}$
- ⑤ アーム長 : $z = d/1.15$

47

簡易耐荷力評価法の提案

13. 既設橋梁の簡易耐力評価式の留意点

下記の場合は、簡略化前の式で検討可能

- ・引張鉄筋が著しく腐食し断面欠損している場合
→断面欠損率に応じて引張鉄筋比 p_w を減じる
- ・圧縮側コンクリートの欠損がある場合
→欠損厚に応じて有効高さ d を減じる

RC 床版

$$P_u = 2,565 \frac{p_w d^2}{L}$$

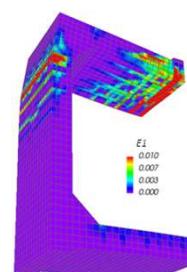
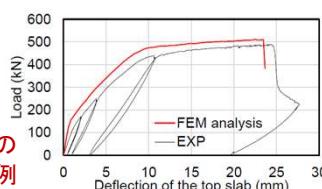
RC ボックスカルバート

$$P_u = 5,130 \frac{p_w d^2}{L}$$

下記の場合は、専門家の判断や議論が必要

- ・引張鉄筋が明らかに付着切れ、定着されていない場合
- ・コンクリートが著しく劣化している場合など

ボックスカルバートの
再現解析例



48

今後の検討課題

北陸 SIP として検討したいこと、できること

- 簡易耐荷力評価式**を活用したい。
- 橋梁管理リスト**を参照させて頂きたい。
→市町で管理する短支間橋梁（RC 床版橋,
RC ボックスカルバート）の**耐荷力評価可能**

- 現在の**劣化状況**について情報共有頂きたい。
(点検履歴, 補修履歴, 劣化要因, 困りごとなど)
→**劣化橋梁**の耐荷力評価法の開発
→**おすすめ簡易補修**の実用化検討
→北陸 SIP 関連の技術と組合せて
橋梁群（クラスター）ごとの**劣化予測**や,
戦略的維持管理法の提案が可能に

ご清聴ありがとうございました。

連絡先

栗橋祐介（金沢大学）

kuri@se.kanazawa-u.ac.jp

柳田龍平（金沢大学）

yanagida@se.kanazawa-u.ac.jp