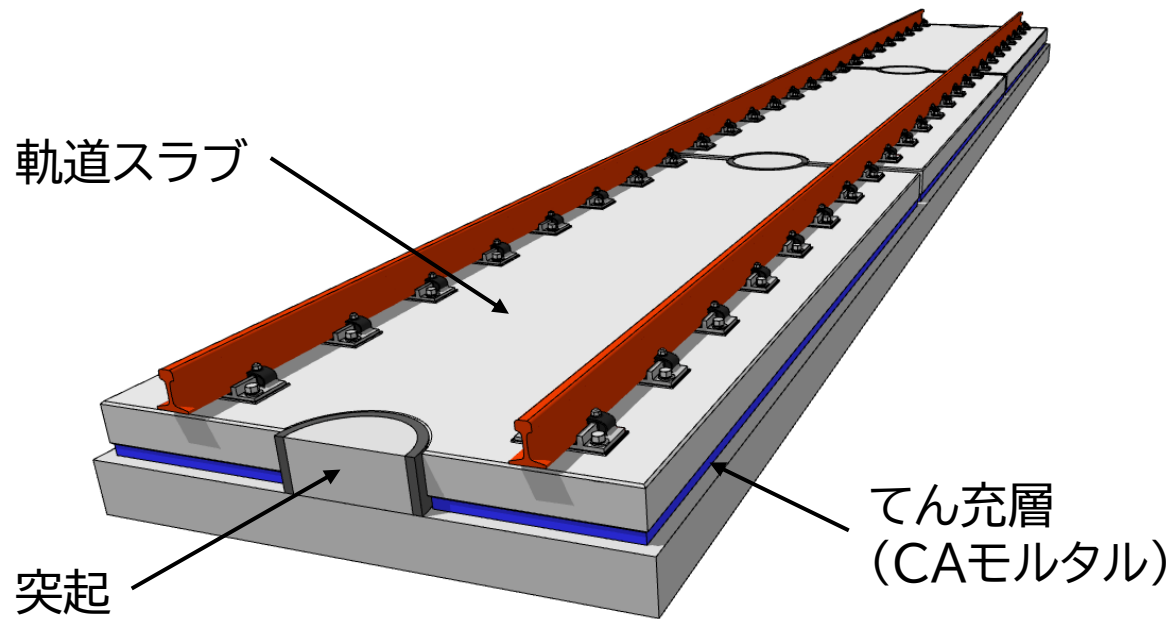


# 敷設条件を考慮したスラブ軌道 てん充層の劣化進展予測

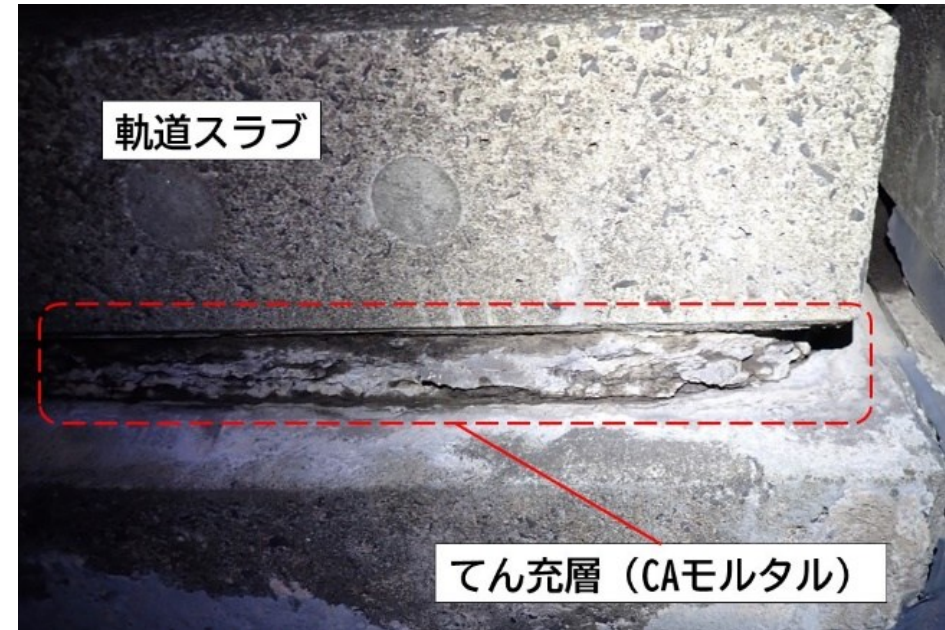
軌道技術研究部 軌道・路盤研究室  
主任研究員 湊上 翔太

# 背景・目的

- てん充層(セメントアスファルトモルタル:CAモルタル)には軌道スラブを安定的に支持する役割がある。
- 1980年代以前に寒冷地へ敷設された一部のスラブ軌道では、CAモルタルに凍害が生じている。



スラブ軌道の概要



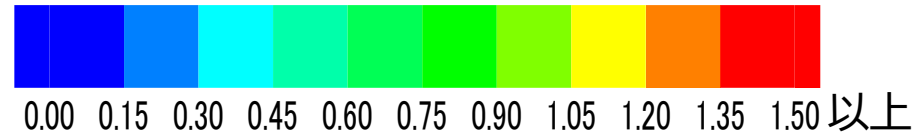
凍害を生じたてん充層(CAモルタル)

# 背景・目的

- 「スラブ軌道てん充層の劣化進展解析手法」を開発し、普通区間のスラブ軌道を対象としてCAモルタルの劣化予測を行ってきた。
- 敷設条件(散水区間、防振区間など)に応じたCAモルタルの劣化予測を行うことにより、効果的な補修計画を策定することができる。

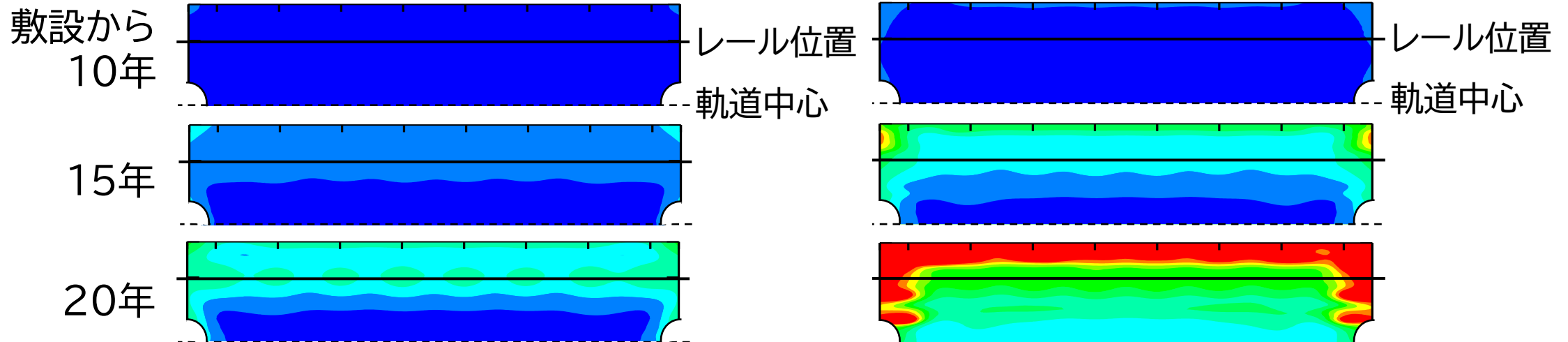
◆ 軌道スラブ半分(片レール側)のCAモルタルを上面から描画したコンター

CAモルタルの圧縮変形量(mm)



【凍結融解なし】

【凍結融解あり】



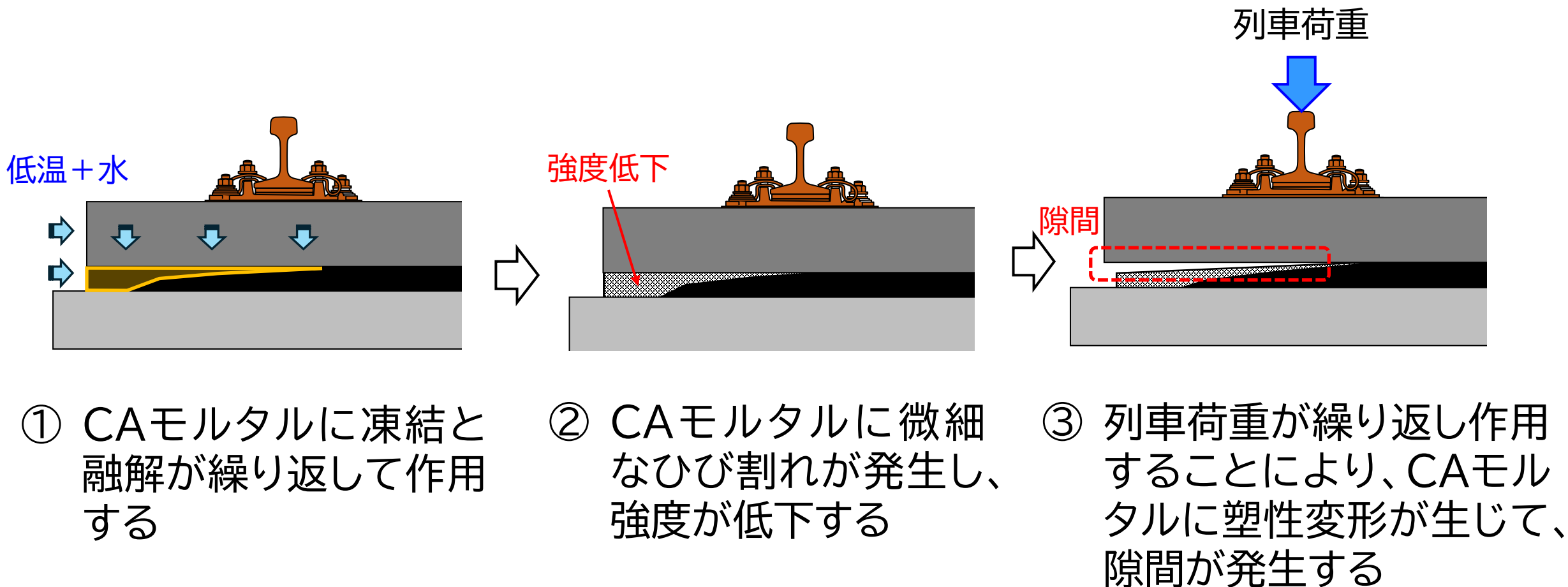
普通区間のスラブ軌道を対象としたCAモルタルの劣化予測の例

1. てん充層の劣化進展予測手法の概要
2. 営業線におけるてん充層の劣化状況の調査
3. 散水区間・防振区間におけるてん充層の劣化進展解析
4. まとめと成果の活用

# 1. てん充層の劣化進展予測手法の概要

# 1. てん充層の劣化進展予測手法の概要

## ■ 凍害を受けたCAモルタルの劣化進展のイメージ



# 1. てん充層の劣化進展予測手法の概要

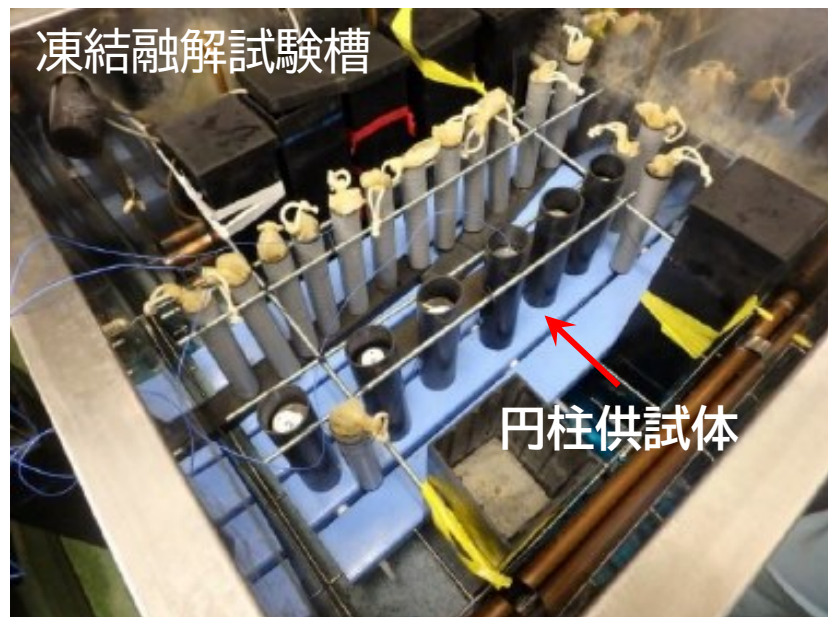
## ■ 劣化進展解析における主な材料パラメータ

### ①初期の圧縮強度

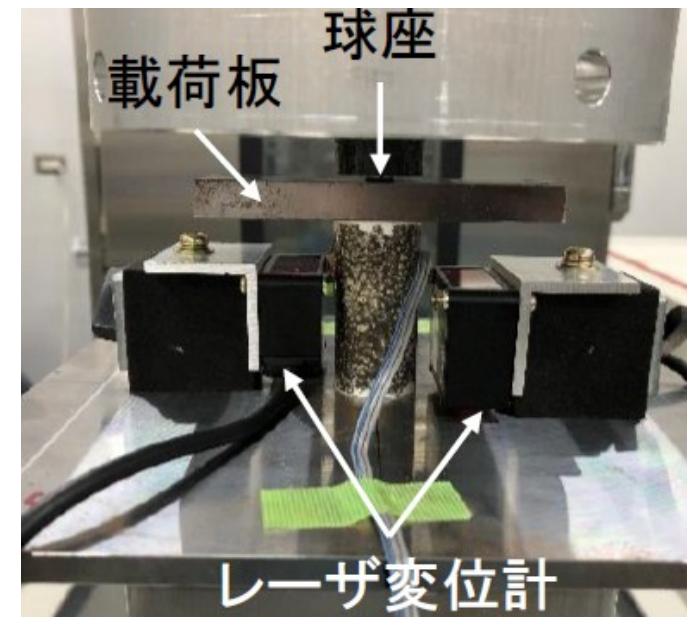
CAモルタルの凍結融解サイクル数の増加に伴う(残存)圧縮強度の低下と圧縮変形量の増加を確認

### ②凍結融解による圧縮強度の低下率

### ③圧縮疲労による塑性変形量



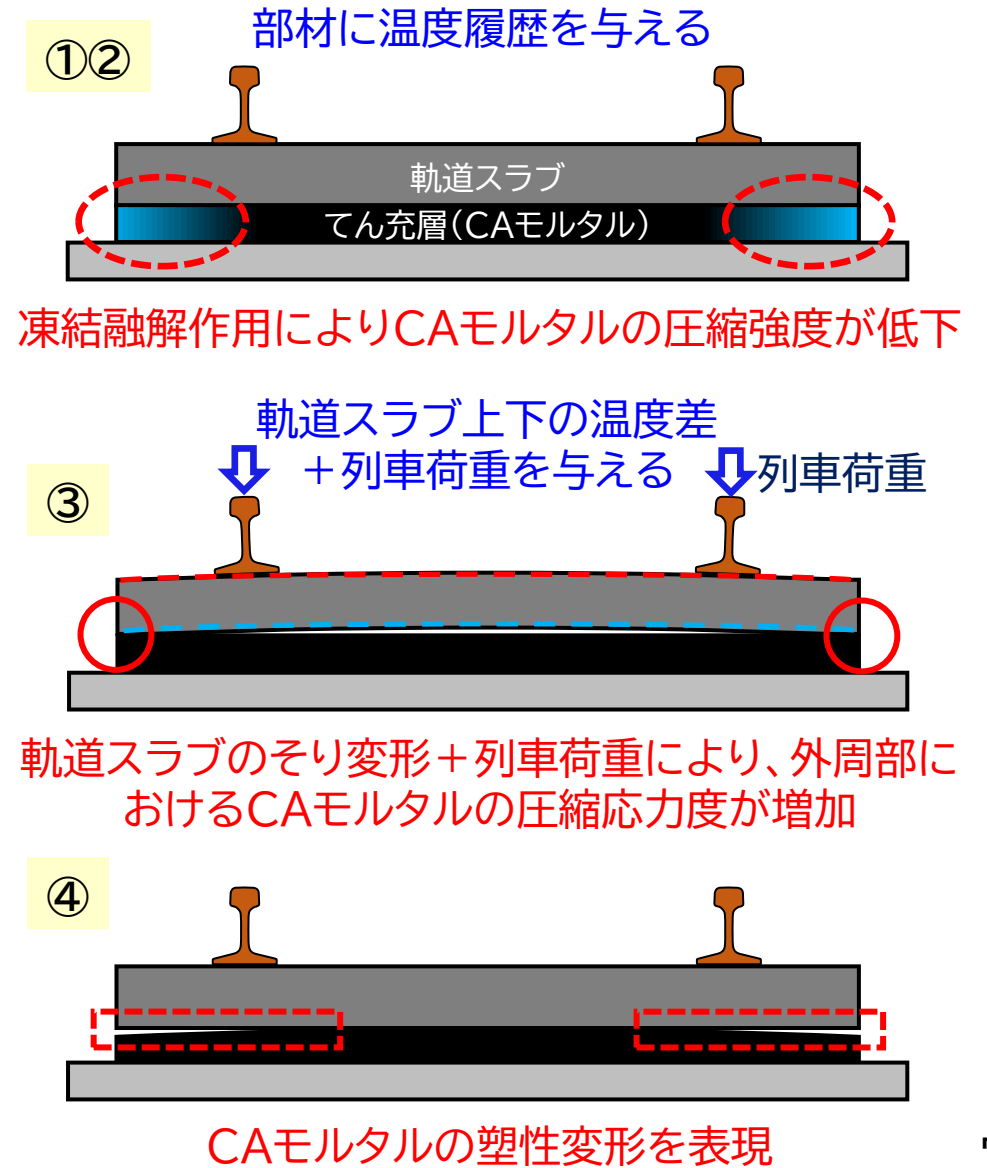
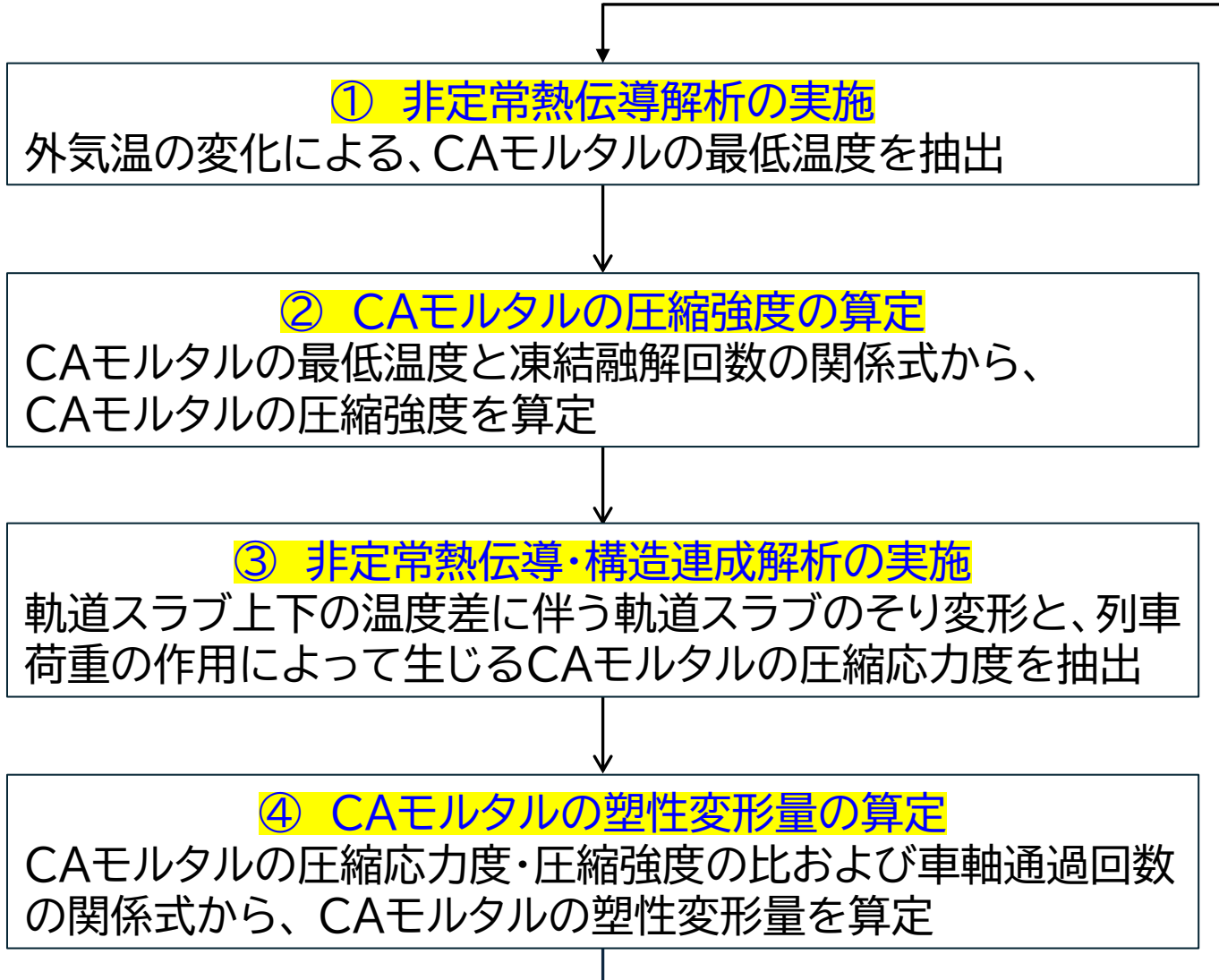
凍結融解試験



圧縮強度／圧縮疲労試験

# 1. てん充層の劣化進展予測手法の概要

## ■ 劣化進展解析の流れ



## 2. 営業線におけるてん充層の劣化状況の調査

## 2. 営業線におけるてん充層の劣化状況の調査

- 調査対象: 寒冷地における散水区間のスラブ軌道
- 調査方法: CAモルタルに対する衝撃貫入試験

### 【衝撃貫入試験】

- ・リバウンドハンマ(衝撃エネルギー:  $2.207\text{N}\cdot\text{m}$ )を用いて貫入棒(直径:  $6.5\text{mm}$ )をCAモルタルに打撃・貫入する。
- ・反発度が10以上の場合、測定位置の圧縮強度は施工管理における最小圧縮強度 $1.8\text{N}/\text{mm}^2$ 以上であり、健全と判定する。



CAモルタルの衝撃貫入試験



調査対象のCAモルタル

- 調査結果
  - 表層 $20\text{mm}$ 程度までは劣化していたが、それより内部は健全
  - 補修深さは $50\text{mm}$ 程度であり、劣化の程度は比較的小さい

### 3. 散水区間・防振区間における てん充層の劣化進展解析

# 3. 散水区間・防振区間におけるてん充層の劣化進展解析

## ■ 解析条件

### 【散水区間・防振区間共通】

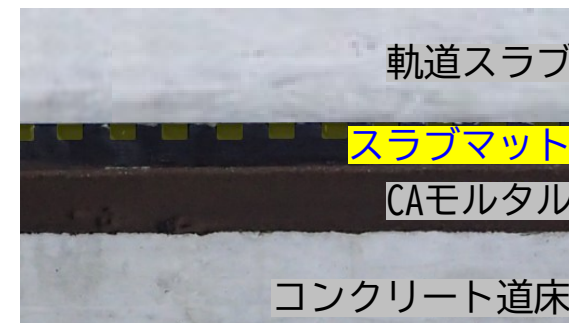
- ・凍結融解種別 I
- ・通過軸数種別 C

※2.の調査箇所のアリアを対象

### 【散水区間の場合】

- ・散水温度: 10°C
- ・散水時間: 0:30~4:00 (2.5h)

※散水装置の稼働ログデータより



防振スラブ軌道  
(スラブマットの設置)

凍結融解種別

凍結融解種別	設定凍結融解回数 (回)			
	CASE1※	CASE2※	CASE3※	合計
I	7	0	0	7
II	12	2	0	14
III	17	4	1	22
IV	18	6	2	26
V	23	12	5	40

※CASE1: 最高温度2.5°C~最低温度-6.0°C  
 CASE2: 最高温度2.5°C~最低温度-9.0°C  
 CASE3: 最高温度2.5°C~最低温度-12.0°C

通過軸数種別

通過軸数種別	設定通過軸数 (万回/年)
A	370
B	270
C	160

✓ てん充層の劣化進展解析では、対象とする区間を年間の凍結融解回数と通過軸数で複数のエリアに分類している

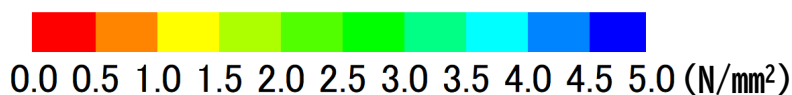
# 3. 散水区間・防振区間におけるてん充層の劣化進展解析

- 散水区間を対象とした劣化予測

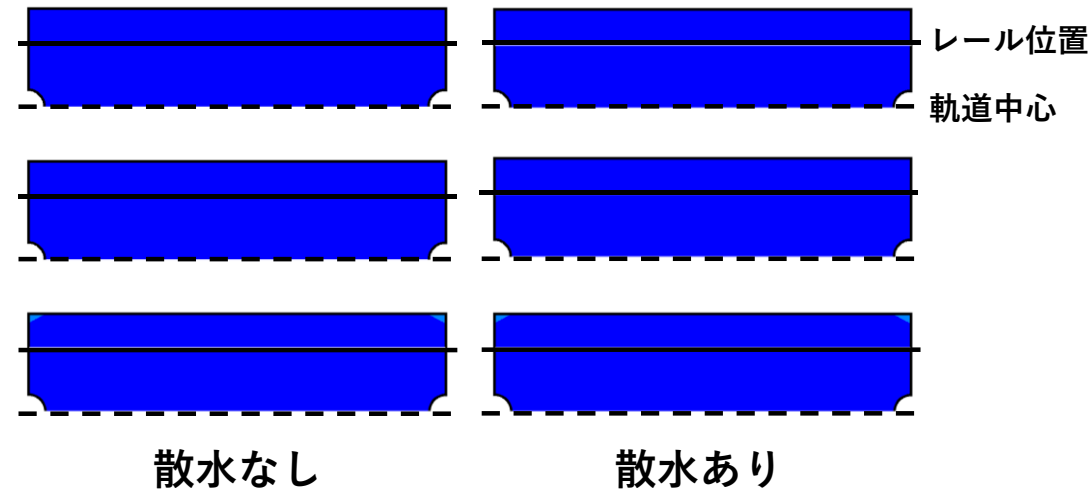
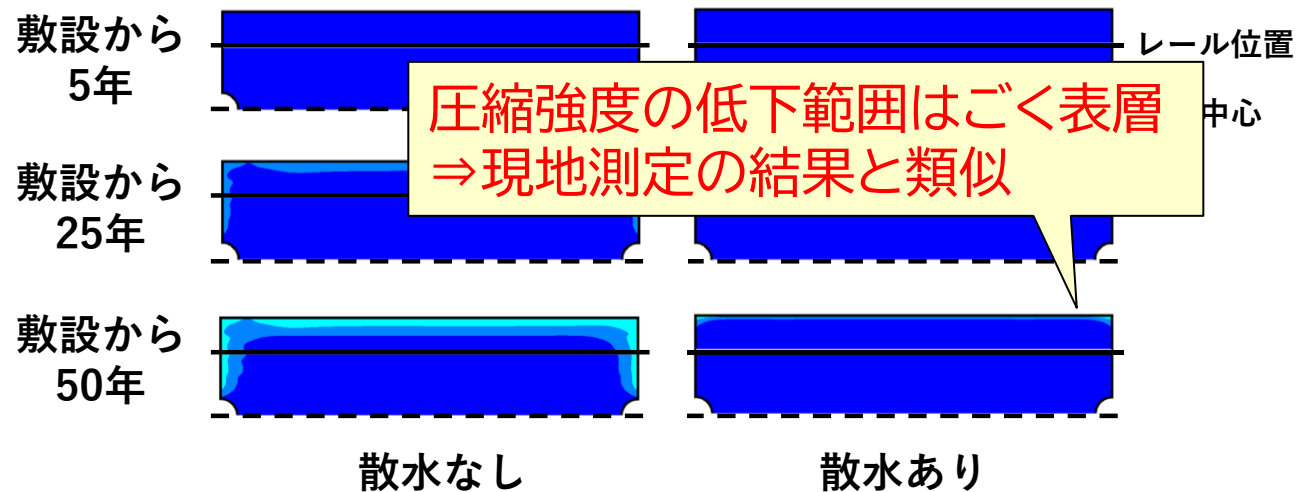
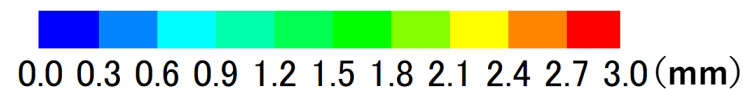
## ■ 解析結果

- ◆ 軌道スラブ半分(片レール側)のCAモルタルを上面から描画したコンター

CAモルタルの圧縮強度



CAモルタルの圧縮変形量



➤ 本解析で想定した散水条件下では、散水(10℃)によってCAモルタルの凍結が抑制されて凍結融解回数が減少し、CAモルタルの劣化の程度が小さくなった可能性が考えられる

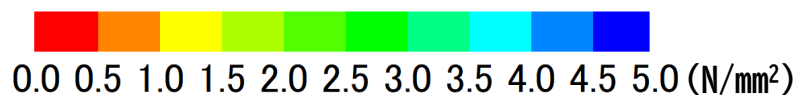
# 3. 散水区間・防振区間におけるてん充層の劣化進展解析

- 防振区間を対象とした劣化予測

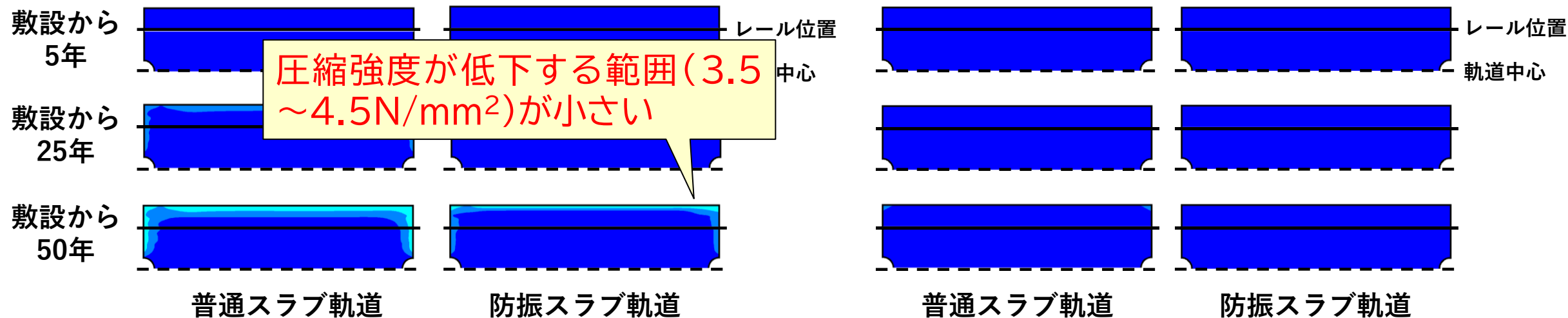
## ■ 解析結果

- ◆ 軌道スラブ半分(片レール側)のCAモルタルを上面から描画したコンター

CAモルタルの圧縮強度



CAモルタルの圧縮変形量



※スラブマットの熱伝導率: 0.2 W/m/K (コンクリートの熱伝導率の約1/10)

➤ スラブマットによってCAモルタルへの応力緩和・断熱作用が生じ、CAモルタルの劣化の程度が小さくなった可能性が考えられる

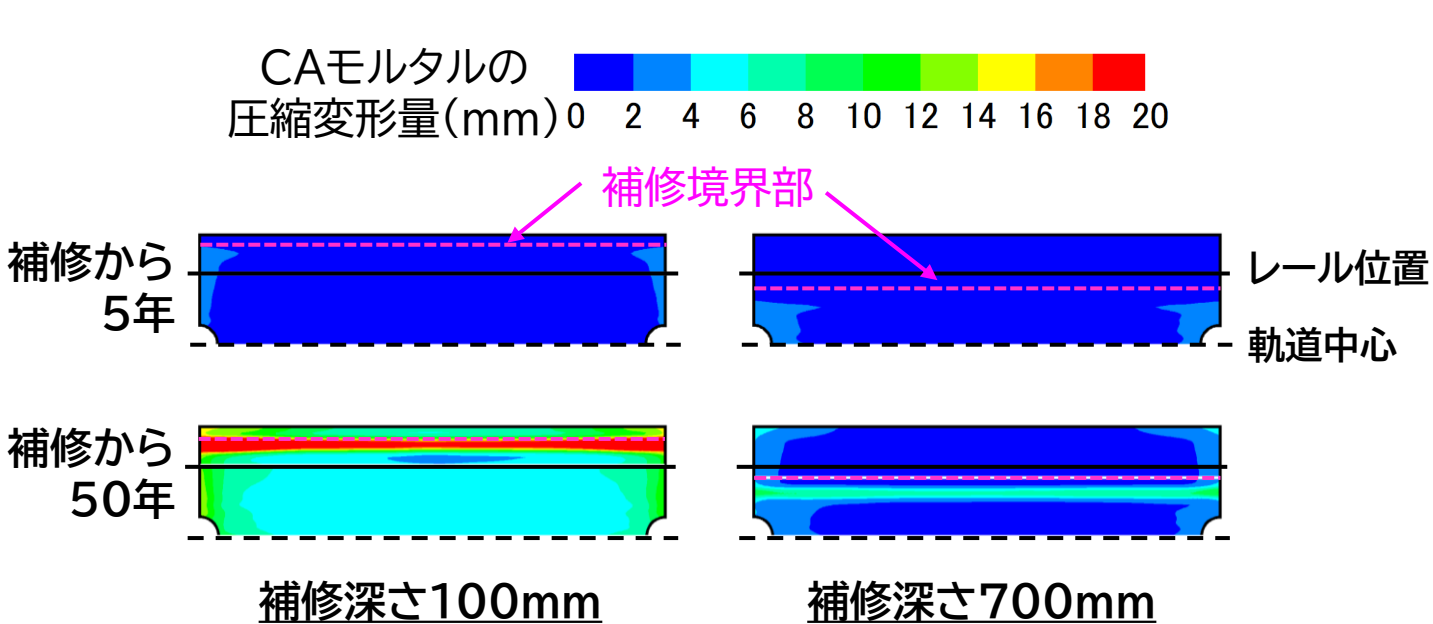
## 4.まとめと成果の活用

# 4.まとめと成果の活用

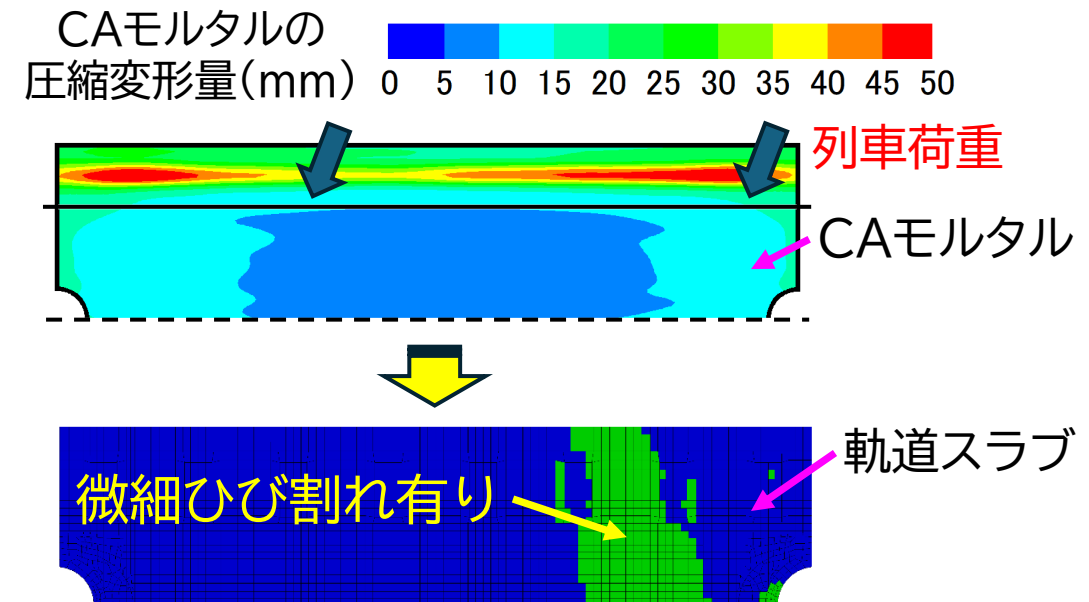
- スラブ軌道の敷設条件に応じたてん充層(CAモルタル)の劣化予測を行うことを目的として、CAモルタルの劣化状態の調査および散水区間・防振区間を対象とした劣化進展解析を行った。
- 散水区間において衝撃貫入試験によりCAモルタルの劣化状態を調査したところ、劣化範囲は表層から20mm程度であり、劣化の程度は小さかった。
- 散水区間・防振区間を対象とした劣化進展解析の結果、散水によるCAモルタルの凍結抑制、スラブマットによるCAモルタルへの応力緩和・断熱作用により、CAモルタルの劣化進展を抑制する可能性があることを確認した。

# 4.まとめと成果の活用

- スラブ軌道てん充層の補修計画の策定にご活用いただけます。
- てん充層の補修を考慮した劣化進展解析や、てん充層が劣化した状態において列車荷重作用時の軌道スラブのひび割れを評価することも可能です。



てん充層の補修を考慮した劣化進展解析の例



軌道スラブのひび割れ解析の例  
(供用100年時点)

## 参考文献

- 高橋貴蔵, 三澤祥文, 瀧上翔太, 桃谷尚嗣:スラブ軌道の劣化進展を予測する, RRR, Vol.78, No.12, pp.16-19, 2021
- 高橋貴蔵, 斉藤成彦:凍結融解作用を受けたセメントアスファルトモルタルの圧縮強度および塑性ひずみ, 土木学会論文集, Vol.81, No.21, 2026