

既設アスファルト路盤上における 新幹線用既設線省力化軌道の開発

軌道技術研究部 軌道・路盤研究室

主任研究員 伊藤 壺記

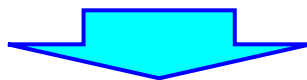
本日の発表

1. 研究の背景
2. 本開発における検討内容
 - ・プレパックドコンクリートの設計強度
 - ・凍結融解抵抗性
 - ・バラストの異常膨張
 - ・既設バラストの適用
 - ・既設アスファルト路盤の疲労強度
3. 提案した新幹線省力化軌道の実物大載荷試験
4. プレパックドコンクリート道床の性能照査
5. 既設アスファルト路盤の性能照査
6. まとめ

1. 研究の背景

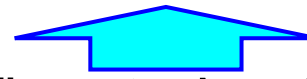
積雪寒冷地の新幹線バラスト軌道において、走行時の落雪によるバラスト飛散対策として、バラストスクリーンが敷設されている。

つき固め時にはバラストスクリーンの撤去・復旧に時間を要し、補修コストが増大。さらに、360km/h走行により、補修コストのさらなる増加が懸念される。



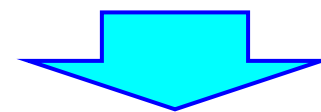
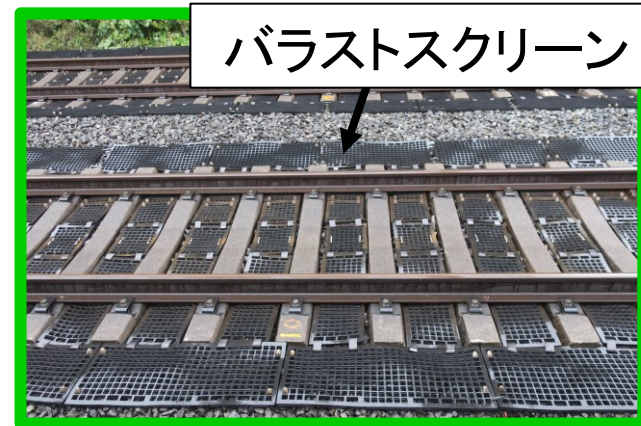
新幹線用の省力化軌道を開発

- ・高架橋区間 **アスファルト路盤区間**への適用
- ・既設バラストの再利用に関する検討

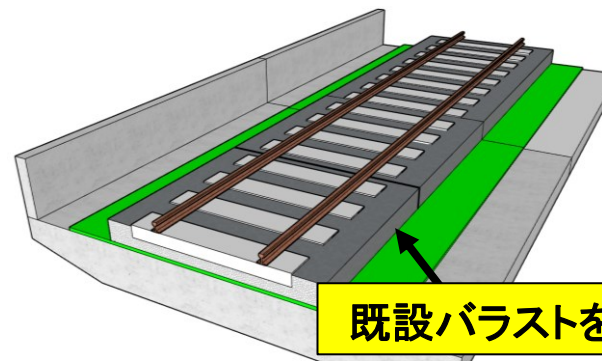


道床交換作業で発生したバラストを再利用することで、環境負荷低減が可能。

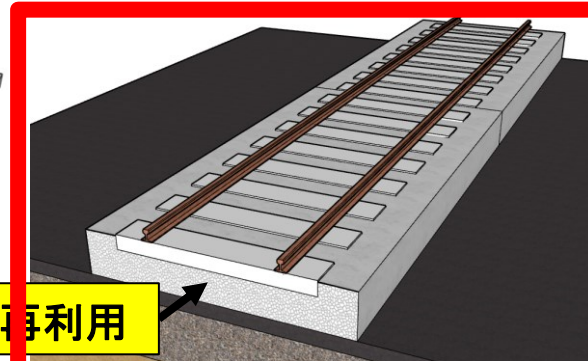
積雪寒冷地における新幹線バラスト軌道



新幹線用省力化軌道(開発品)



高架橋区間

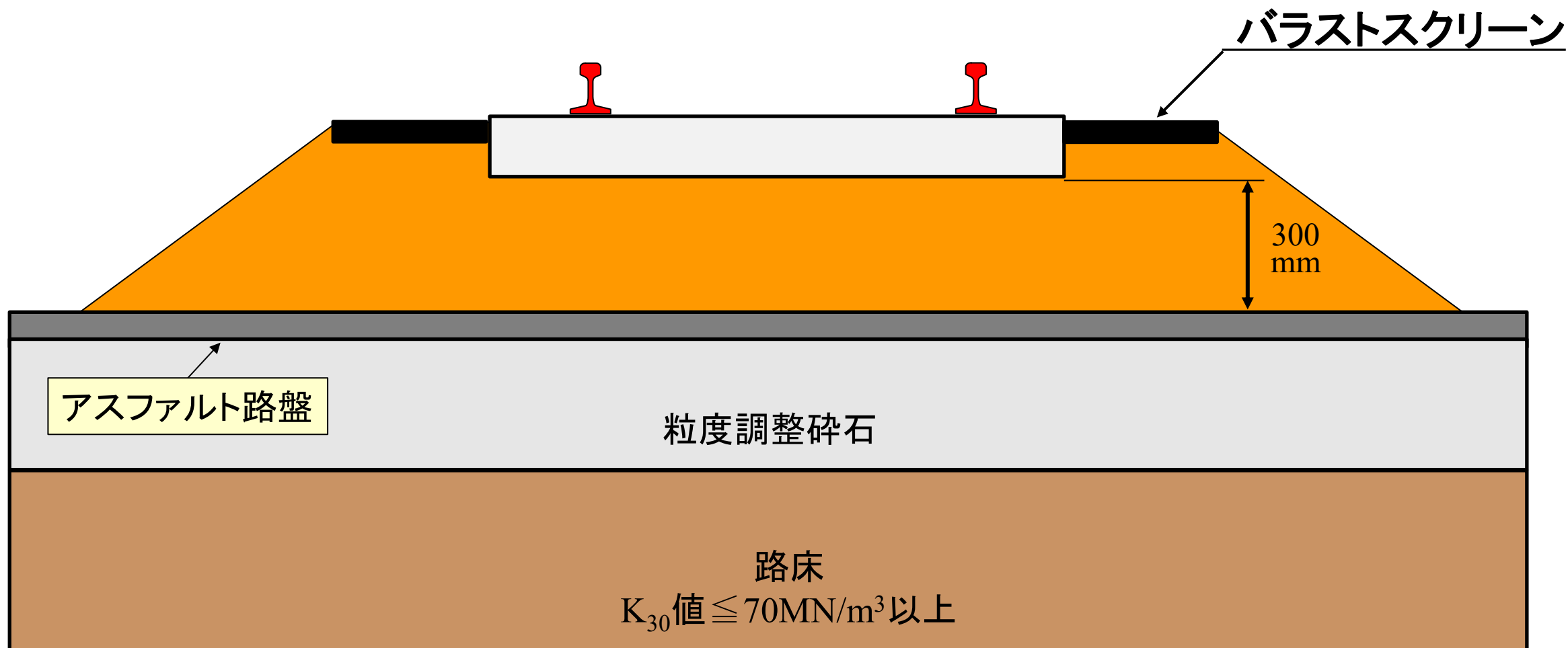


アスファルト路盤区間

2. 検討課題

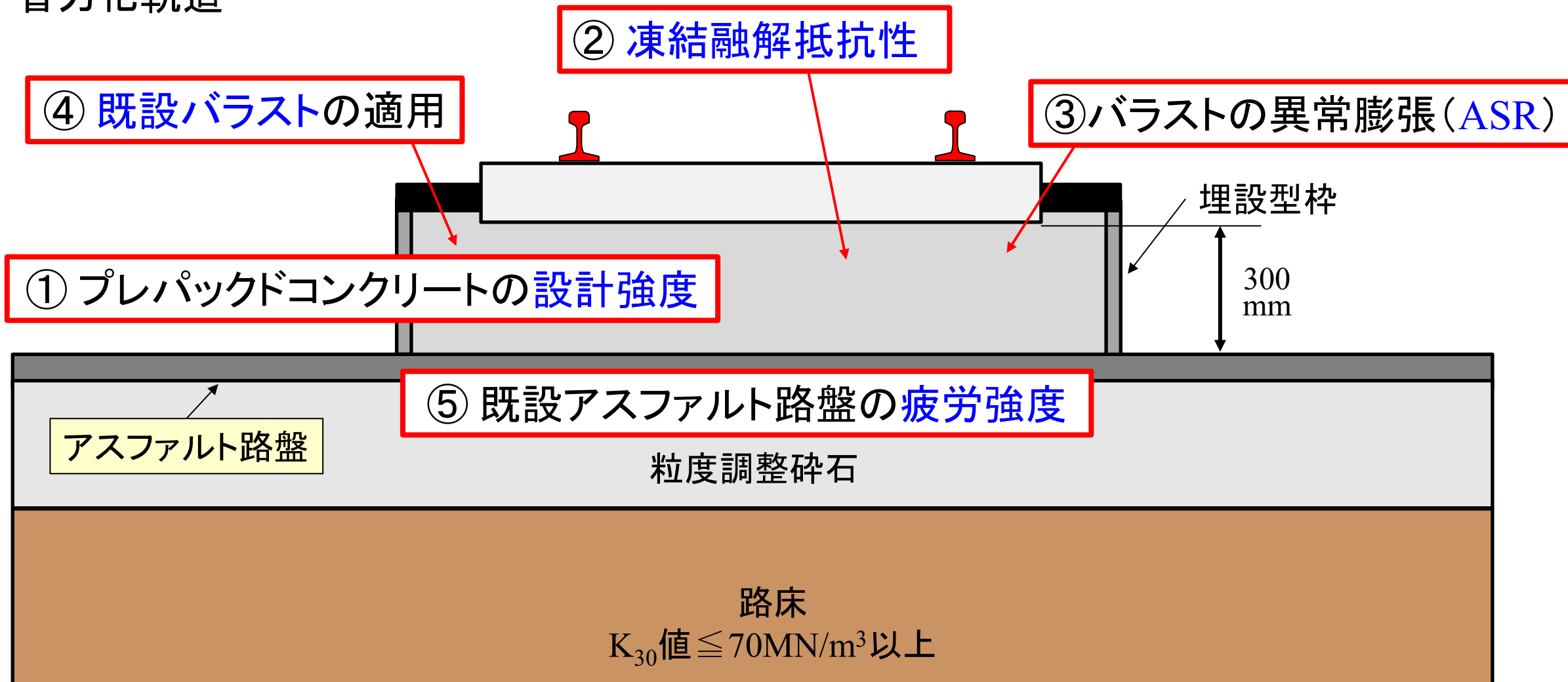
積雪寒冷地に適用

バラスト軌道



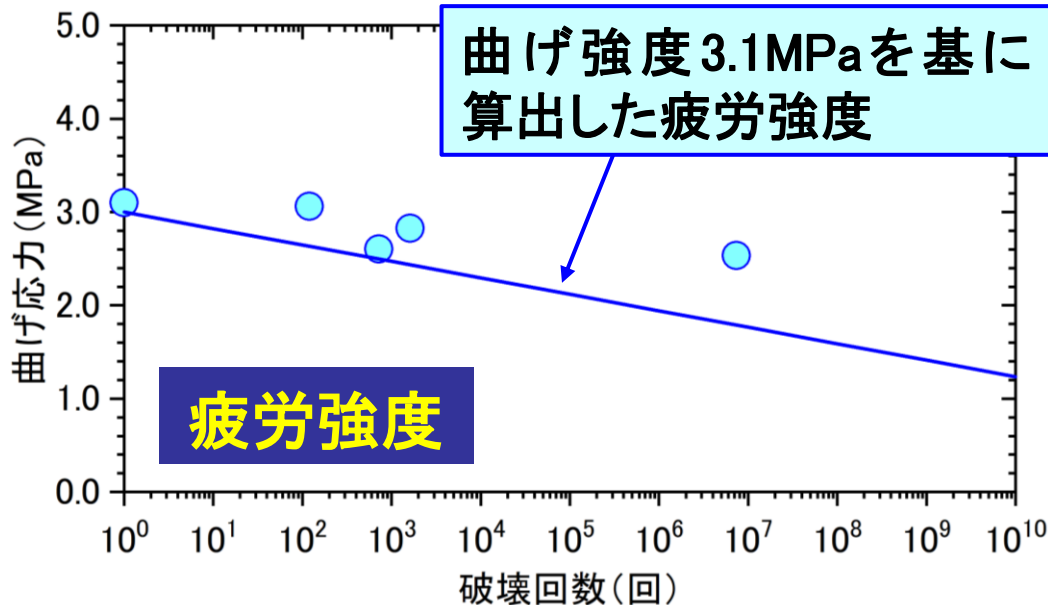
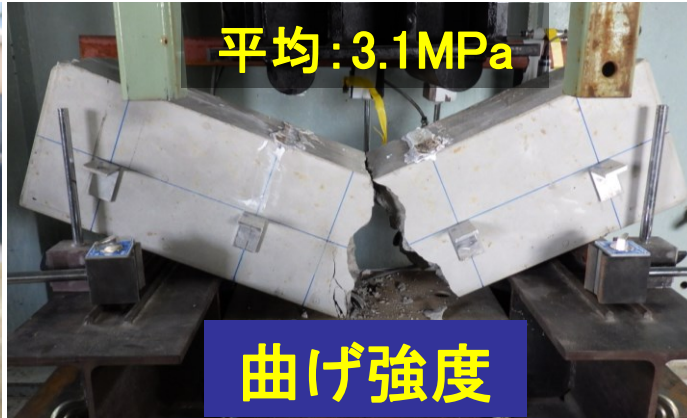
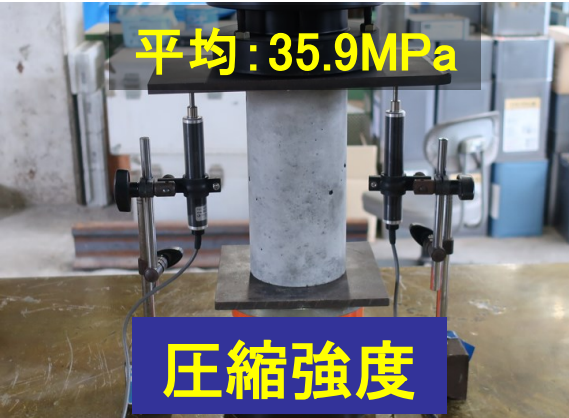
積雪寒冷地に適用

省力化軌道

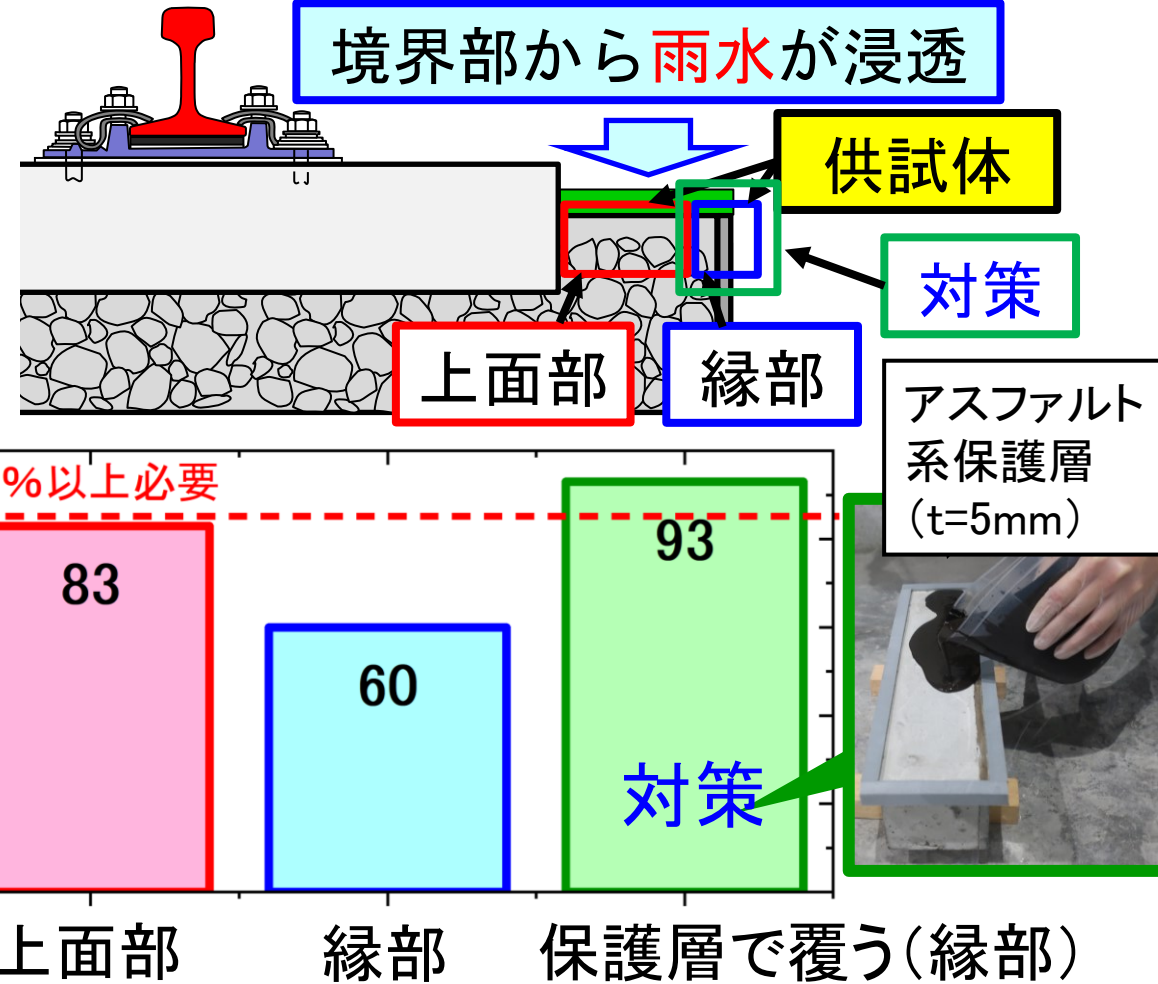


① プレパックドコンクリートの設計強度

② 凍結融解抵抗性



コンクリートの疲労強度推定式を適用可能



アスファルト系保護層によって、型枠と道床との隙間からの浸水で生じる凍結融解を防止可能。

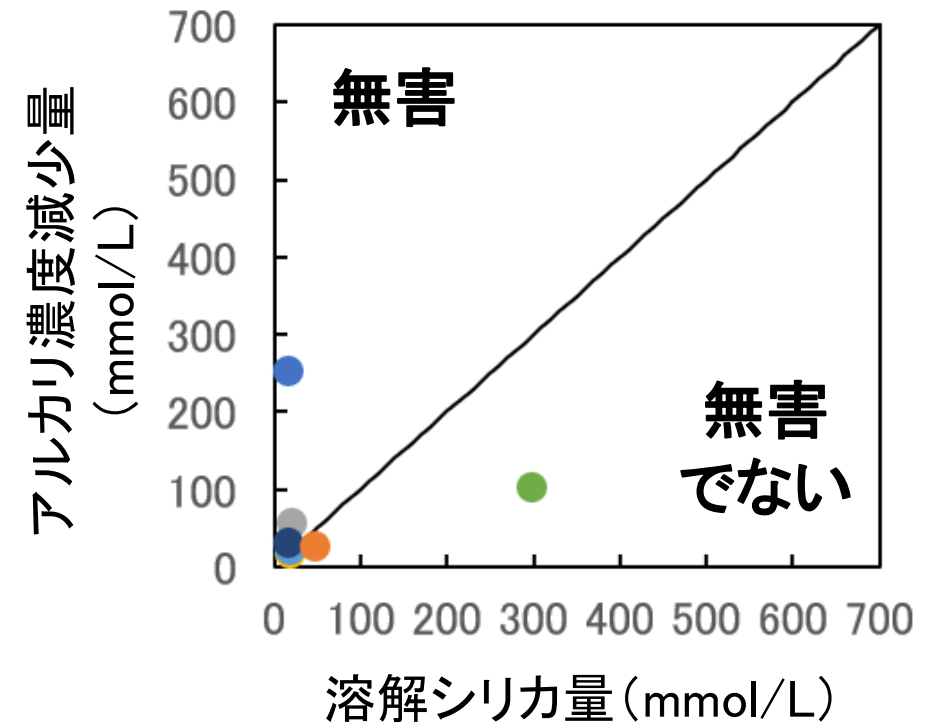
③ バラストの異常膨張 (ASR: アルカリシリカ反応性)

○調査対象

対象試料: 新幹線保線所で使用しているバラスト
11社中6社を調査

○試験方法

骨材のアルカリシリカ反応性試験方法 (化学法)

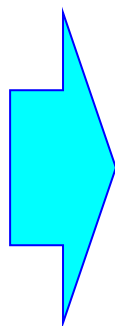
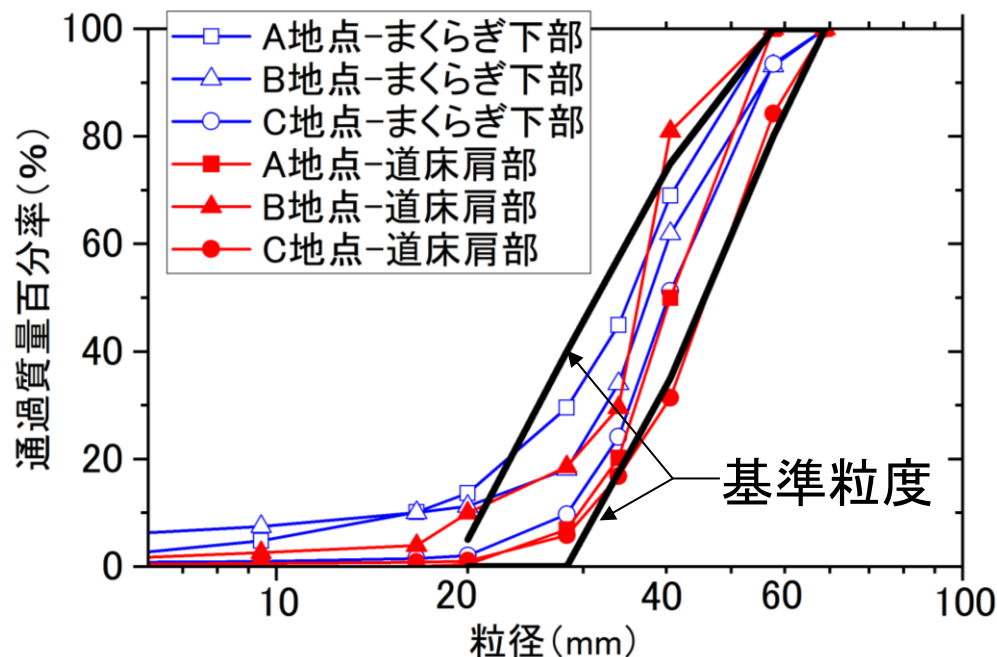


- 各現場で扱っているバラストには、セメントのアルカリに反応する可能性がある砕石が用いられている (6社中2社)。
- 省力化軌道を敷設する場合、事前にASRを確認し、セメントのアルカリに反応しない砕石を用いる。

④ 既設バラストの適用

供用40年経過した
高架橋上のバラスト

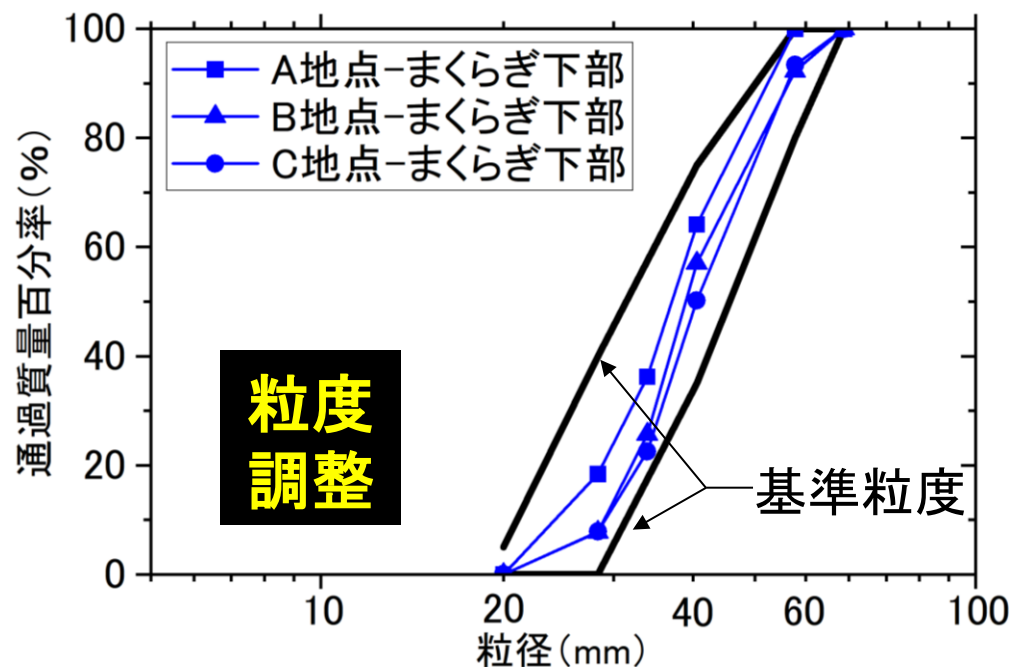
高架橋



○粒度試験結果(3箇所)

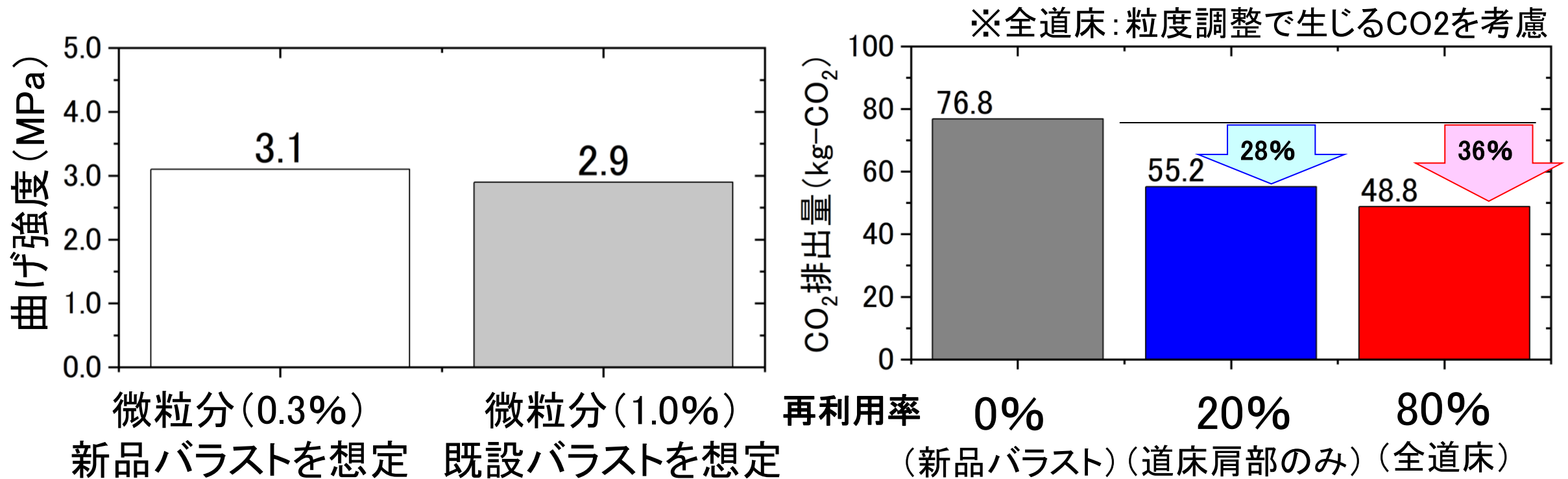
まくらぎ下部：粒度調整(19mm以下のバラストを除去)により、基準粒度に適合、グラウト充填性の確保。

道床肩部：そのまま、基準粒度に適合。



粒度
調整

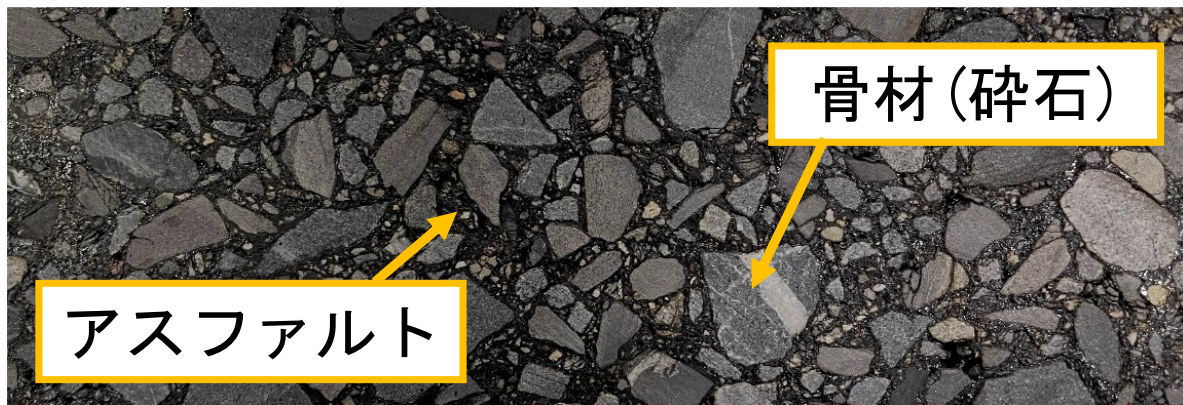
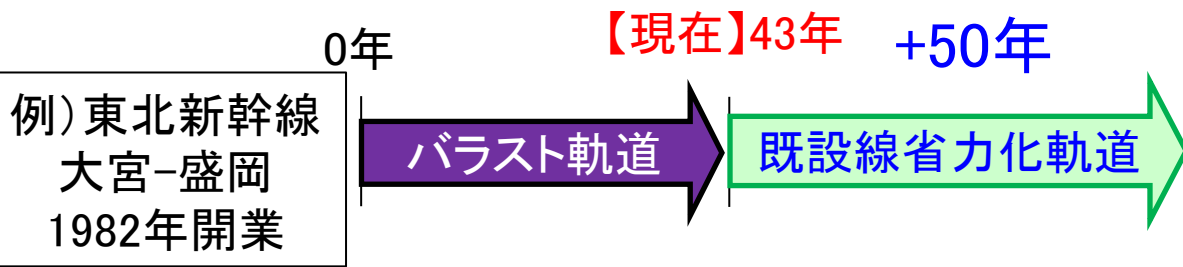
④ 既設バラストの適用



- 基準粒度の規格内であれば、既設バラストを用いたプレパックドコンクリートの曲げ強度は**新品バラストとほぼ同程度**となることを確認した。
- 既設バラストを再利用した場合のCO₂排出量は、新品バラストと比べて**30%程度低減**できることを確認した。

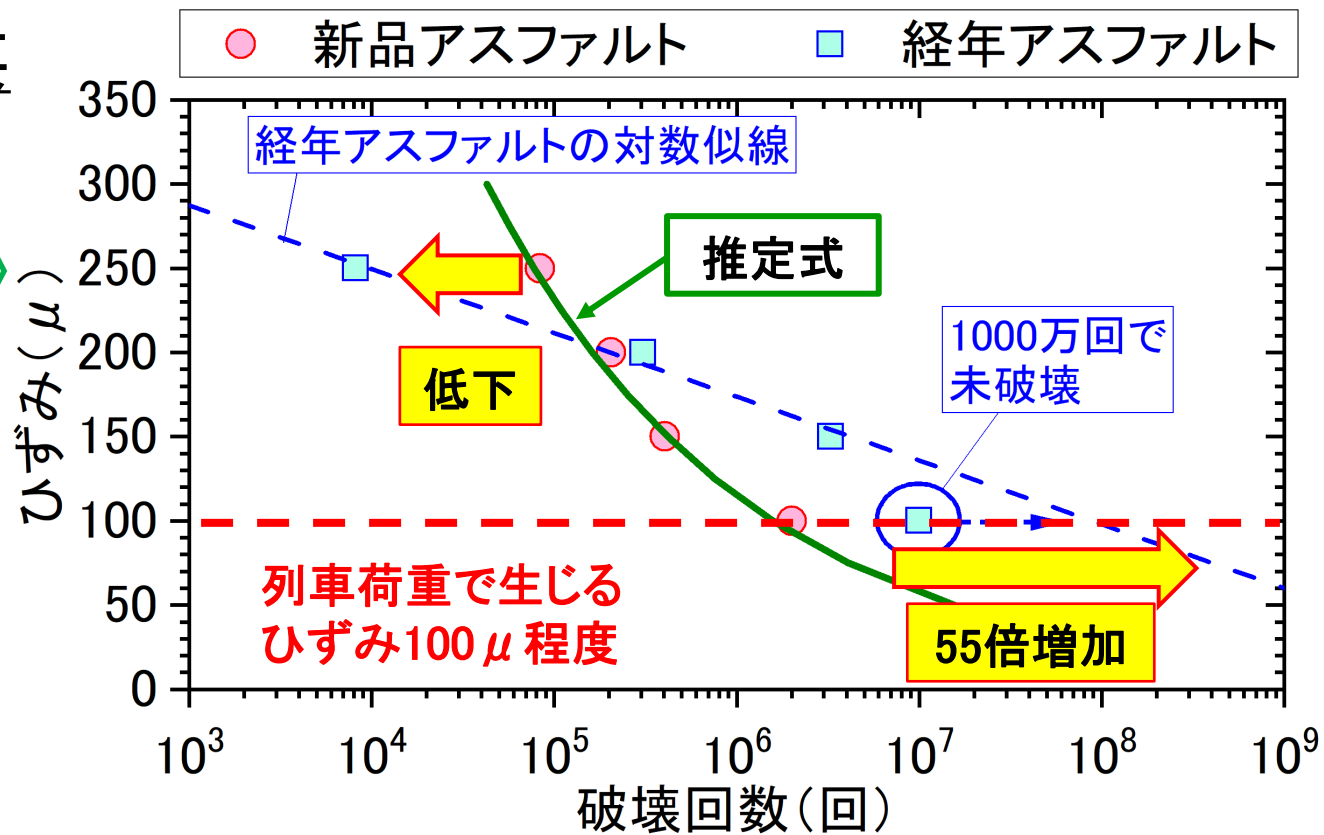
⑤ 既設アスファルト路盤の疲労強度

既設アスファルト路盤のさらなる運用が必要



アスファルト混合物層の断面

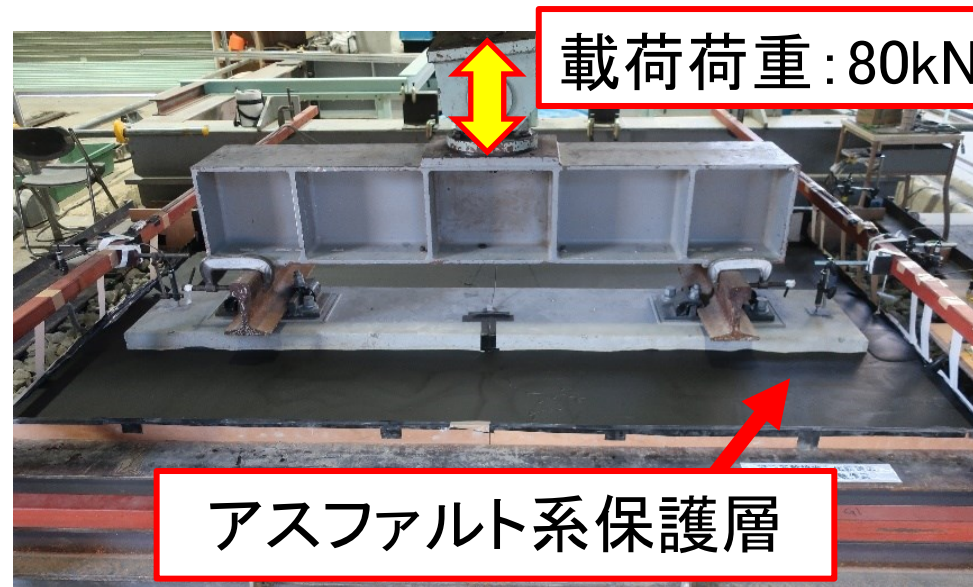
経年により、アスファルトが**硬く**なる。



アスファルト混合物層の曲げ疲労試験

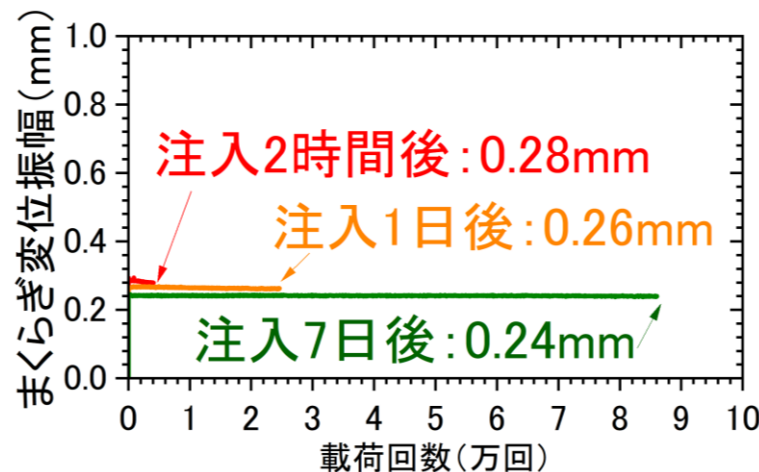
経年変化による疲労破壊回数の低下は見られなかった。

3. 提案した新幹線省力化軌道の実物大載荷試験

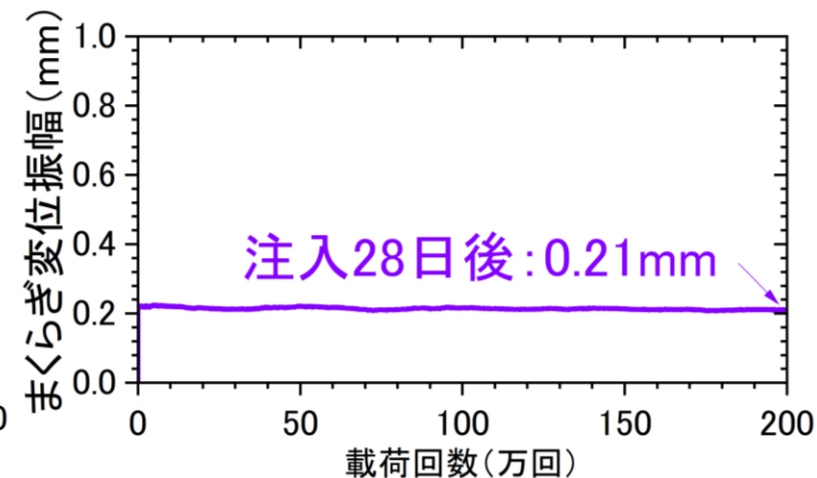


実物大軌道模型

○繰返し載荷試験の結果



材齢7日まで



材齢28日

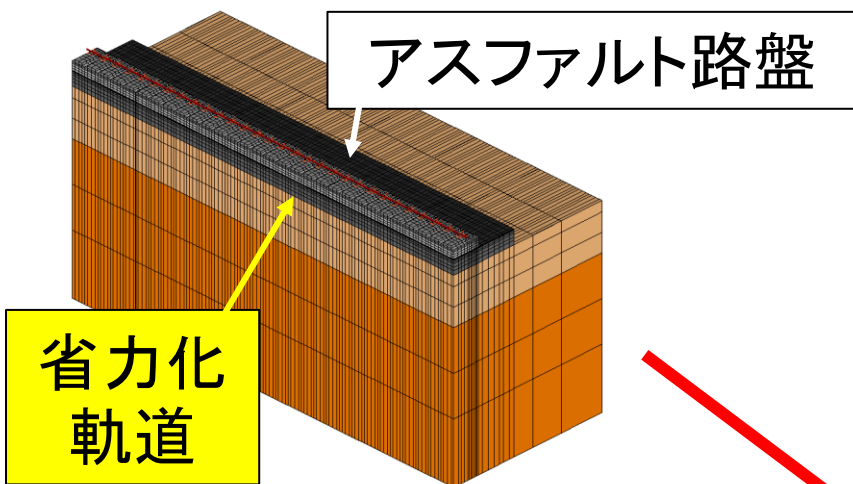
- 省力化軌道として十分な列車荷重を支持する性能を有することを確認した。
- 載荷200万回後のプレパックドコンクリート道床を観察し、ひび割れ等の変状が無いことを確認した。

4. プレパックドコンクリート道床の性能照査

安全係数の一覧

1.0 → 1.1

要求性能	安全係数				
	作用係数 γ_f	構造解析 係数 γ_a	材料係数 γ_m	軌道部材 係数 γ_b	軌道構造 係数 γ_i
安全性(破壊)	1.1	1.0	1.3	1.1	1.1
安全性(疲労破壊)	1.0	1.0	1.3	1.1	1.1



解析モデル

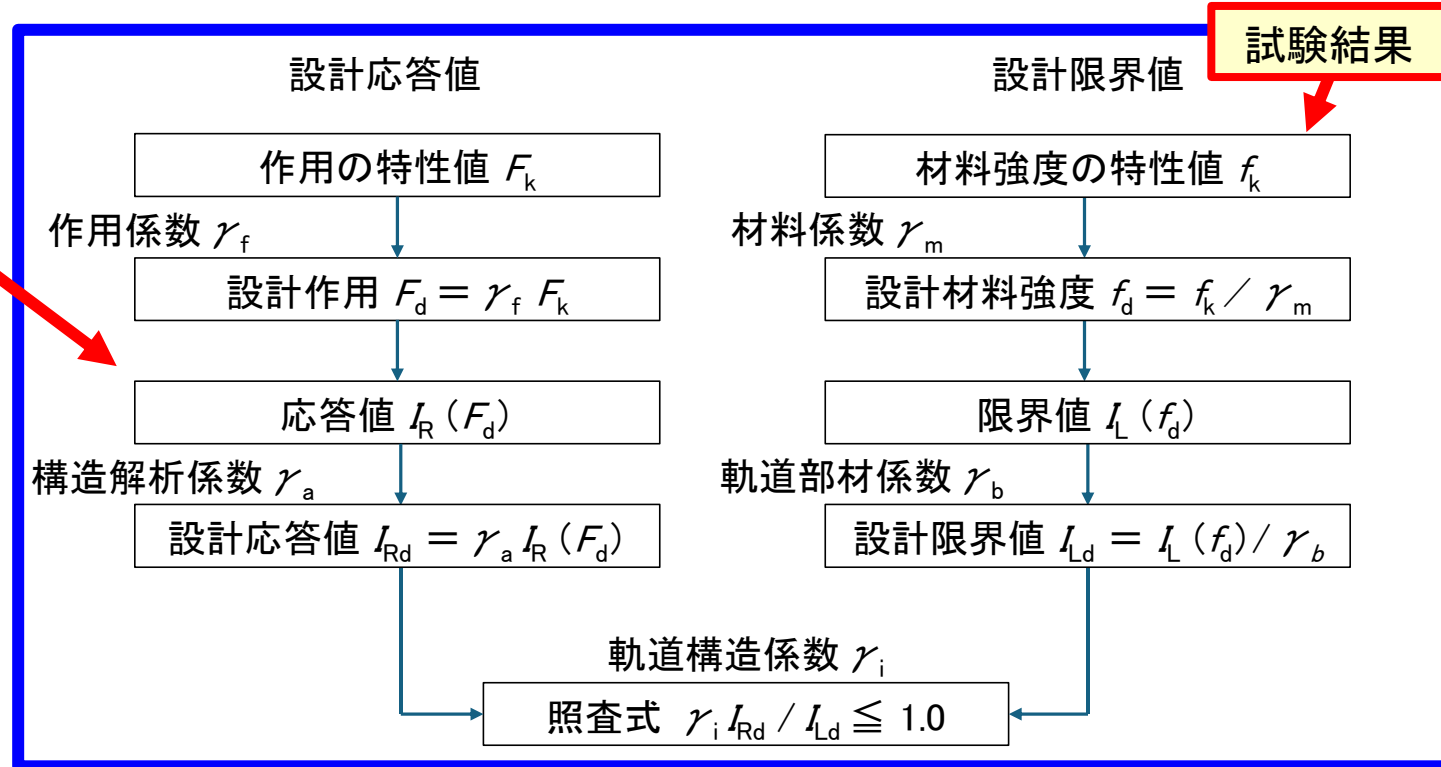
○列車条件

17両編成(60本/日)、列車速度:360km/h、
設計耐用年数:50年

照査結果

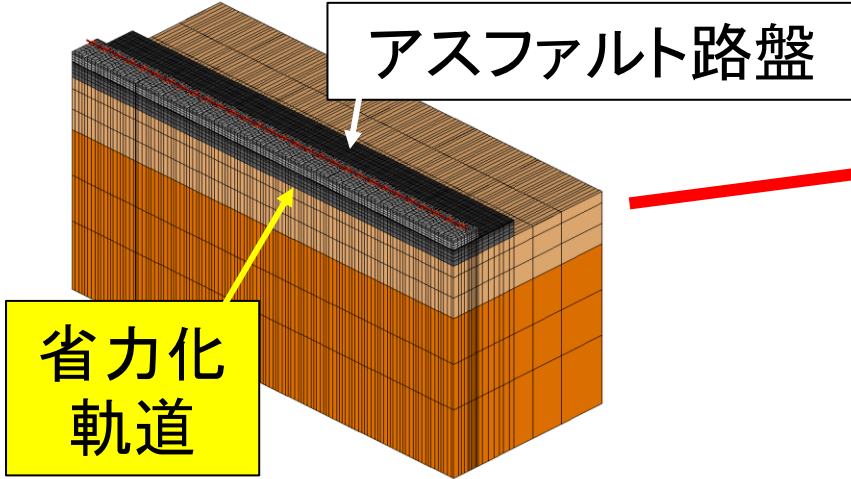
要求性能	
安全性(破壊)	0.72
安全性(疲労破壊)	0.77

1.0以下で照査を満足する



5. 既設アスファルト路盤の性能照査

四季毎の損傷度



解析モデル

経年の影響

項目	春季	夏季	秋季	冬季
新設時の設計に用いるアスファルト混合物層の弾性係数 E_A (MPa)	4000	2000	3000	7000
アスファルト混合物層下面のひずみ ε_t (μ)	89.7	68.8	83.6	93.2
新品アスファルトの許容載荷回数 (回)	1,642,511	7,117,744	2,646,740	897,762
経年変化したアスファルトの許容載荷回数 N_{Ai} (回) (新品アスファルトの許容載荷回数 $\times 55.5$)	90,338,081	391,475,934	145,570,675	49,376,933
載荷回数 n_i (回) (17両編成 $\times 4$ 軸 $\times$ 60本/日 $\times 365$ 日 $\times 50$ 年 $\div 4$)	18,615,000	18,615,000	18,615,000	18,615,000
季節毎の損傷度 m_{Ai}	0.21	0.05	0.13	0.38
損傷度 M_A	0.76			

照査結果

項目	
アスファルト混合物層の損傷 (経年変化を考慮)	0.76

1.0以下で照査を満足する

○施工コスト: **34.8万円/m** (施工延長: 5m/日の場合)

- ・バラスト軌道(新設): 12.2万円/m
- ・スラブ軌道(新設): 15.5万円/m

6. まとめ

- プレパックドコンクリートに、**コンクリートの疲労強度推定式**を適用できることを確認した。
- 凍結融解対策として**アスファルト系保護層**を設ける方法を提案した。
- 使用するバラストについて、事前に**ASR反応性**を確認する必要がある。
- 既設バラストをプレパックドコンクリート道床の骨材として用いることが可能であり、再利用により**CO₂排出量が30%程度削減**できることを確認した。
- 試験で得られた**曲げ強度**および**曲げ疲労強度**を用いて、プレパックドコンクリート道床の照査を行い、**設計耐用年数50年**を満足することを確認した。
- 曲げ疲労試験より、**供用40年経過したアスファルトの破壊回数**は新品のアスファルトよりも**増加**することを確認した。**既設アスファルト路盤**を省力化軌道として、更に50年供用しても**疲労破壊しない**ことを確認した。

成果の活用

- 新幹線バラスト軌道を省力化軌道へ更新する際に活用する。
- 既設バラストをプレパックドコンクリート道床(新幹線・在来線)に適用する際に活用する。